

# الباب الأول

## العناصر الانتقالية

### الأهداف

- في نهاية دراسة الطالب لباب العناصر الانتقالية ينبغي أن يكون قادرًا على أن ،
- يتعرف عناصر السلسلة الانتقالية الأولى.
- يتعرف الأهمية الاقتصادية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.
- يكتب التركيب الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.
- يفسر سهولة أكسدة أيون الحديد (II) إلى أيون الحديد (III) وصعوبة ذلك في أيون المنجنيز.
- يحدد حالات التأكسد للعناصر.
- يعرف العنصر الانتقالي.
- يتعرف خواص العناصر الانتقالية.
- يفسر التدرج في بعض خواص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بزيادة أعدادها الذرية.
- يحدد المواد الديامغناطيسية والبارامغناطيسية من التركيب الإلكتروني للعنصر الانتقالي.
- يوضح العلاقة بين ألوان أيونات العناصر الانتقالية وتركيبها الإلكتروني.
- يشرح سبب استخدام عناصر السلسلة الانتقالية الأولى كموامل حفز.
- يتعرف خامات الحديد.
- يتعرف عملية استخلاص الحديد من خاماته داخل الأفران المختلفة.
- يتعرف السبائك وأنواعها.
- يعدد استخدامات السبائك.
- يتعرف خواص الحديد وأكاسيده.



## الباب الأول :العناصر الإنتقالية

### Transition Elements

### العناصر الإنتقالية

درسنا في الصف الثاني عناصر الفئة (s) وعناصر الفئة (p) اللتين تقعان على جانبي الجدول الدوري الطويل - وسنتناول في هذا المجال دراسة العناصر الإنتقالية التي تحتل المنطقة الوسطى في هذا الجدول بين هاتين الفئتين. وتشتمل هذه المنطقة على أكثر من (60) عنصراً أي أكثر من نصف عدد العناصر المعروفة. وتنقسم العناصر الإنتقالية إلى قسمين رئيسيين، هما :

• العناصر الإنتقالية الرئيسية Main transition elements

• العناصر الإنتقالية الداخلية Inner transition elements

وسوف يكتفى بدراسة العناصر الإنتقالية الرئيسية.

### العناصر الإنتقالية الرئيسية أو عناصر الفئة (d)

يتتابع في العناصر الإنتقالية الرئيسية امتلاء المستوى الفرعي (d) الذي يتسع لعشرة إلكترونات، لذا فهي تتكون من عشرة أعمدة رأسية - يبدأ العمود الأول منها بعناصر يكون تركيبها الإلكتروني  $d^1 ns^2$  (n - 1) ثم يتتابع امتلاء المستوى الفرعي (d) حتى تصل إلى العمود الأخير ويكون لعناصره التركيب الإلكتروني  $d^{10} ns^2$  (n - 1). وهذه الأعمدة من يسار إلى يمين الجدول الدوري هي عبارة عن المجموعات IIIB , (3) , IVB , (4) , VB , (5) , VIB , (6) , VIIB , (7) بجانب المجموعة الثامنة VIII التي تشتمل على ثلاث أعمدة رأسية وهي المجموعات (8) , (9) , (10) وهي تختلف عن بقية المجموعات (B) في وجود تشابه بين عناصرها الأفقية أكثر من التشابه بين العناصر الرأسية، ثم يلي المجموعة الثامنة المجموعة IB (11) ثم المجموعة IIB (12) ويمكن أيضاً تقسيم العناصر الإنتقالية الرئيسية إلى أربع سلاسل أفقية، هي :

السلسلة الأولى																		السلسلة الثانية																	
<div><div>1</div><div>H</div><div>الهيدروجين</div></div> <div><div>2</div><div>He</div><div>الهيليوم</div></div>																		<div><div>3</div><div>Li</div><div>الليثيوم</div></div> <div><div>4</div><div>Be</div><div>البريليوم</div></div> <div><div>5</div><div>B</div><div>البورون</div></div> <div><div>6</div><div>C</div><div>الكربون</div></div> <div><div>7</div><div>N</div><div>النيتروجين</div></div> <div><div>8</div><div>O</div><div>الأكسجين</div></div> <div><div>9</div><div>F</div><div>الفلور</div></div> <div><div>10</div><div>Ne</div><div>النيون</div></div> <div><div>11</div><div>Na</div><div>الصوديوم</div></div> <div><div>12</div><div>Mg</div><div>المغنيسيوم</div></div> <div><div>13</div><div>Al</div><div>الألمنيوم</div></div> <div><div>14</div><div>Si</div><div>السيليكون</div></div> <div><div>15</div><div>P</div><div>الفوسفور</div></div> <div><div>16</div><div>S</div><div>الكبريت</div></div> <div><div>17</div><div>Cl</div><div>الكلور</div></div> <div><div>18</div><div>Ar</div><div>الأرغون</div></div> <div><div>19</div><div>K</div><div>البوتاسيوم</div></div> <div><div>20</div><div>Ca</div><div>الكالسيوم</div></div> <div><div>21</div><div>Sc</div><div>السكرانديوم</div></div> <div><div>22</div><div>Ti</div><div>التيتانيوم</div></div> <div><div>23</div><div>V</div><div>الفاناديوم</div></div> <div><div>24</div><div>Cr</div><div>الكروم</div></div> <div><div>25</div><div>Mn</div><div>المنغنيز</div></div> <div><div>26</div><div>Fe</div><div>الحديد</div></div> <div><div>27</div><div>Co</div><div>الكوبالت</div></div> <div><div>28</div><div>Ni</div><div>النيكل</div></div> <div><div>29</div><div>Cu</div><div>النحاس</div></div> <div><div>30</div><div>Zn</div><div>الزنك</div></div> <div><div>31</div><div>Ga</div><div>الغاليوم</div></div> <div><div>32</div><div>Ge</div><div>الجرمانيوم</div></div> <div><div>33</div><div>As</div><div>الآرسين</div></div> <div><div>34</div><div>Se</div><div>السيلينيوم</div></div> <div><div>35</div><div>Br</div><div>البروم</div></div> <div><div>36</div><div>Kr</div><div>الكربتون</div></div> <div><div>37</div><div>Rb</div><div>الروبيديوم</div></div> <div><div>38</div><div>Sr</div><div>السترونشيوم</div></div> <div><div>39</div><div>Y</div><div>اليتربيوم</div></div> <div><div>40</div><div>Zr</div><div>الزركونيوم</div></div> <div><div>41</div><div>Nb</div><div>النيوبيوم</div></div> <div><div>42</div><div>Mo</div><div>الموليبدينوم</div></div> <div><div>43</div><div>Tc</div><div>التكنيشيوم</div></div> <div><div>44</div><div>Ru</div><div>الروثينيوم</div></div> <div><div>45</div><div>Rh</div><div>الريثينيوم</div></div> <div><div>46</div><div>Pd</div><div>البلاديوم</div></div> <div><div>47</div><div>Ag</div><div>الفضة</div></div> <div><div>48</div><div>Cd</div><div>الكاديوم</div></div> <div><div>49</div><div>In</div><div>الإنديوم</div></div> <div><div>50</div><div>Sn</div><div>القصدير</div></div> <div><div>51</div><div>Sb</div><div>الستيمون</div></div> <div><div>52</div><div>Te</div><div>التيلوريوم</div></div> <div><div>53</div><div>I</div><div>اليود</div></div> <div><div>54</div><div>Xe</div><div>الزينون</div></div> <div><div>55</div><div>Cs</div><div>السيوم</div></div> <div><div>56</div><div>Ba</div><div>الباريوم</div></div> <div><div>57</div><div>La</div><div>اللانثان</div></div> <div><div>58</div><div>Ce</div><div>السيريوم</div></div> <div><div>59</div><div>Pr</div><div>البروميثيوم</div></div> <div><div>60</div><div>Nd</div><div>النيوديميوم</div></div> <div><div>61</div><div>Pm</div><div>البروميثيوم</div></div> <div><div>62</div><div>Sm</div><div>السمتريوم</div></div> <div><div>63</div><div>Eu</div><div>اليوروبيوم</div></div> <div><div>64</div><div>Gd</div><div>الجادولينيوم</div></div> <div><div>65</div><div>Th</div><div>الثوريوم</div></div> <div><div>66</div><div>Pa</div><div>البروتكتينيوم</div></div> <div><div>67</div><div>U</div><div>اليورانيوم</div></div> <div><div>68</div><div>Np</div><div>النيبتونيوم</div></div> <div><div>69</div><div>Pu</div><div>البلوتونيوم</div></div> <div><div>70</div><div>Am</div><div>الأميريكيوم</div></div> <div><div>71</div><div>Cm</div><div>الكميريوم</div></div> <div><div>72</div><div>Bk</div><div>البيركليوم</div></div> <div><div>73</div><div>Cf</div><div>الكاليفورنيوم</div></div> <div><div>74</div><div>Es</div><div>الإسبرميوم</div></div> <div><div>75</div><div>Fm</div><div>الفرميوم</div></div> <div><div>76</div><div>Md</div><div>المنشوريوم</div></div> <div><div>77</div><div>No</div><div>النيوبليوم</div></div> <div><div>78</div><div>Lr</div><div>اللانثان</div></div>																	

3

Li

الليثيوم

4

Be

البريليوم

5

B

البورون

6

C

الكربون

7

N

النيتروجين

8

O

الأكسجين

9

F

الفلور

10

Ne

النيون

11

Na

الصوديوم

12

Mg

المغنيسيوم

13

Al

الألمنيوم

14

Si

السيليكون

15

P

الفوسفور

16

S

الكبريت

17

Cl

الكلور

18

Ar

الأرغون

19

K

البوتاسيوم

20

Ca

الكالسيوم

21

Sc

السكرانديوم

22

Ti

التيتانيوم

23

V

الفاناديوم

24

Cr

الكروم

25

Mn

المنغنيز

26

Fe

الحديد

27

Co

الكوبالت

28

Ni

النيكل

29

Cu

النحاس

30

Zn

الزنك

31

Ga

الغاليوم

32

Ge

الجرمانيوم

33

As

الآرسين

34

Se

السيلينيوم

35

Br

البروم

36

Kr

الكربتون

37

Rb

الروبيديوم

38

Sr

السترونشيوم

39

Y

اليتربيوم

40

Zr

الزركونيوم

41

Nb

النيوبيوم

42

Mo

الموليبدينوم

43

Tc

التكنيشيوم

44

Ru

الروثينيوم

45

Rh

الريثينيوم

46

Pd

البلاديوم

47

Ag

الفضة

48

Cd

الكاديوم

49

In

الإنديوم

50

Sn

القصدير

51

Sb

الستيمون

52

Te

التيلوريوم

53

I

اليود

54

Xe

الزينون

55

Cs

السيوم

56

Ba

الباريوم

57

La

اللانثان

58

Ce

السيريوم

59

Pr

البروميثيوم

60

Nd

النيوديميوم

61

Pm

البروميثيوم

62

Sm

السمتريوم

63

Eu

اليوروبيوم

64

Gd

الجادولينيوم

65

Th

الثوريوم

66

Pa

البروتكتينيوم

67

U

اليورانيوم

68

Np

النيبتونيوم

69

Pu

البلوتونيوم

70

Am

الأميريكيوم

71

Cm

الكميريوم

72

Bk

البيركليوم

73

Cf

الكاليفورنيوم

74

Es

الإسبرميوم

75

Fm

الفرميوم

76

Md

المنشوريوم

77

No

النيوبليوم

78

Lr

اللانثان

(شكل ١-١) الجدول الدوري الطويل



#### ١- السلسلة الانتقالية الأولى: First transition series

زيادة العدد الذري يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي (3d) وتقع في الدورة الرابعة بعد الكالسيوم وتشمل عشرة عناصر تبدأ بعنصر السكندنيوم  $_{21}Sc$  (4s<sup>2</sup>, 3d<sup>1</sup>) وتنتهي بعنصر الزنك  $_{30}Zn$  (4s<sup>2</sup>, 3d<sup>10</sup>)

#### ٢- السلسلة الانتقالية الثانية: Second transition series

زيادة العدد الذري يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي (4d) وتقع في الدورة الخامسة وتشمل عشرة عناصر تبدأ بعنصر اليتريوم  $_{39}Y$  (5s<sup>2</sup>, 4d<sup>1</sup>) وتنتهي بعنصر الكاديوم  $_{48}Cd$  (5s<sup>2</sup>, 4d<sup>10</sup>)

#### ٣- السلسلة الانتقالية الثالثة: Third transition series

زيادة العدد الذري يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي (5d) وتقع في الدورة السادسة وتشمل عشرة عناصر تبدأ بعنصر اللانثانيوم  $_{57}La$  (6s<sup>2</sup>, 5d<sup>1</sup>) وتنتهي بعنصر الزئبق  $_{80}Hg$  (6s<sup>2</sup>, 5d<sup>10</sup>)

#### ٤- السلسلة الانتقالية الرابعة: Fourth transition series

زيادة العدد الذري يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي (6d) وتقع في الدورة السابعة.

#### السلسلة الانتقالية الأولى: First transition series

تشتمل هذه السلسلة على عشرة عناصر هي الاسكندنيوم (Sc) والتيتانيوم (Ti) والفانديوم (V) والكروم (Cr) والمنجنيز (Mn) والحديد (Fe) والكوبلت (Co) والنيكل (Ni) والنيحاس (Cu) والزنك (Zn).

العنصر	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
الوزن	0.0026	0.66	0.02	0.014	0.11	6.3	0.003	0.0089	0.0068	0.0078

ويبين الجدول السابق النسبة المئوية بالوزن لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى في القشرة الأرضية ورغم أن عناصر السلسلة الانتقالية الأولى مجتمعة يكون حوالي 7% من وزن القشرة الأرضية إلا أن أهميتها الاقتصادية كبيرة والتي نعرضها فيما يلي :

١- **السكندنيوم** : يوجد بكميات صغيرة جداً موزعة على نطاق واسع من القشرة الأرضية وعند إضافة نسبة ضئيلة منه إلى الألومنيوم تتكون سبيكة، تمتاز بخفتها وشدة صلابتها، لذا تستخدم في صناعة طائرات الميج المقاتلة. كما إنه يضاف إلى مصابيح أبخرة الزئبق لإنتاج ضوء عالي الكفاءة، يشبه ضوء الشمس، لذا تستخدم هذه المصابيح في التصوير التلفزيوني أثناء الليل.



(شكل ١-٢) يستخدم التيتانيوم في عمليات زراعة الأسنان

٢- **التيتانيوم** : عنصر شديد الصلابة كالمصلب Steel، ولكنه أقل منه كثافة، وتستخدم سبائكته مع الألومنيوم في صناعة الطائرات والمركبات الفضائية لأنه يحافظ على متانته في درجات الحرارة المرتفعة في الوقت الذي تنخفض فيه متانة الألومنيوم، كما يستخدم في عمليات زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية، لأن الجسم لا يلفظه ولا يسبب أي نوع من التسمم. ومن مركبات التيتانيوم الشائعة، ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO<sub>2</sub>) الذي يدخل في تركيب مستحضرات الحماية من أشعة الشمس، حيث تعمل دقائقه النانوية على منع وصول الأشعة فوق البنفسجية للجلد.



## الباب الأول :العناصر الإنتقالية

٣- **الفانديوم** : عند إضافة نسبة ضئيلة منه إلى الصلب، تتكون سبيكة تتميز بقساوة عالية وقدرة كبيرة على مقاومة التآكل لذا يستخدم في صناعة زئبكرات السيارات. ومن مركباته خامس أكسيد الفانديوم  $V_2O_5$  الذي يستخدم كصبغ في صناعة السيراميك والزجاج، وكعامل حفاز في صناعة المغناطيسات فائقة التوصيل.

٤- **الكروم** : عنصر على درجة عالية من النشاط الكيميائي لكنه يقاوم فعل العوامل الجوية. ويرجع سبب ذلك إلى تكون طبقة من الأكسيد على سطحه ويكون حجم جزيئات الأكسيد المتكون أكبر من حجم ذرات العنصر نفسه مما يعطى سطحاً غير مسامياً من طبقة الأكسيد تمنع استمرار تفاعل الكروم مع أكسجين الجو. ويستخدم الكروم في طلاء المعادن ودباغة الجلود.

ومن مركبات الكروم الشائعة أكسيد الكروم  $Cr_2O_3$  (III) الذي يستخدم في عمل الأصباغ وثاني كرومات البوتاسيوم  $K_2Cr_2O_7$  التي تستخدم كمادة مؤكسدة

٥- **المنجنيز** : لا يستخدم المنجنيز وهو في حالته النقية لهشاشته الشديدة، لذا يستخدم دائماً في صورة سبائك أو مركبات. وتستخدم سبائك الحديد مع المنجنيز في صناعة خطوط السكك الحديدية، لأنها أصعب من الصلب وتستخدم سبائك الألومنيوم مع المنجنيز في صناعة عبوات المشروبات الغازية Drinks Cans لمقاومتها للتآكل. ومن مركبات المنجنيز الهامة : ثاني أكسيد المنجنيز  $MnO_2$  وهو عامل مؤكسد قوى ويستخدم في صناعة العمود الجاف وبرمنجنات البوتاسيوم  $(KMnO_4)$  كمادة مؤكسدة ومطهرة وكبريتات المنجنيز  $MnSO_4 \cdot II$  كمبيد للفطريات.

٦- **الحديد** : يستخدم في الخرسانات المسلحة وأبراج الكهرباء والسكاكين ومواسير البنادق والمدافع والأدوات الجراحية، كما يستخدم كعامل حفاز في صناعة غاز النشادر بطريقة (هابر - بوش) وفي تحويل الغاز المائي (خليط من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون) إلى وقود سائل بطريقة (فيشر - تروپش).

٧- **الكوبلت** : يشبه الكوبلت الحديد في أن كلاهما قابل للتمغنط ويستخدم في صناعة المغناطيسات وكذلك في البطاريات الجافة في السيارات الحديثة.

وللكوبلت اثنا عشر نظيراً مشعاً أهمها الكوبلت 60 الذي تمتاز أشعة جاما الصادرة منه بقدرة عالية على النفاذ لذا يستخدم في عمليات حفظ المواد الغذائية وفي التأكد من جودة المنتجات حيث يكشف عن مواقع الشقوق وإحام الوصلات، ويستخدم في الطب في الكشف عن الأورام الخبيثة وعلاجها.

٨- **النيكل** : يستخدم النيكل في صناعة بطاريات النيكل - كادميوم القابلة لإعادة الشحن، تتميز سبائك النيكل مع الصلب بالصلابة ومقاومة الصدأ ومقاومة الأحماض، وتستخدم سبائك النيكل والكروم في ملفات التسخين والأفران الكهربائية، لأنها تقاوم التآكل حتى وهي مسخنة لدرجة الاحمرار وتطلى معادن كثيرة بالنيكل ليحميها من الأكسدة والتآكل ويعطيها شكلاً أفضل. كما يستخدم النيكل الممزج في عمليات هدرجة الزيوت.

٩- **النحاس** : يعتبر النحاس - تاريخياً - أول فلز عرفه الإنسان وتعرف سبيكته مع القصدير باسم البرونز، والنحاس موصل جيد للكهرباء، لذا يستخدم في صناعة الكابلات الكهربائية وسبائك العملات المعدنية. ومن مركبات النحاس الشهيرة كبريتات النحاس  $(CuSO_4) \cdot II$  الذي يستخدم كمبيد حشري وكمبيد للفطريات في عمليات تنقية مياه الشرب. ويستخدم محلول فهلنج - وهو من مركبات النحاس - في الكشف عن سكر الجلوكوز، حيث يتحول من اللون الأزرق إلى اللون البرتقالي.

١٠- **الزئبق** : تتركز معظم استخدامات الزئبق في جلجنة باقى الفلزات، لحمايتها من الصدأ. ومن مركبات الزئبق الشهيرة، أكسيد الزئبق  $ZnO$  الذي يدخل في صناعة الدهانات والمطاط ومستحضرات التجميل ومركب كبريتيد الزئبق  $ZnS$  الذي يستخدم في صناعة الطلانات المضيئة وشاشات الأشعة السينية.



## التركيب الإلكتروني وحالات التأكسد :

يوضح الجدول الآتي التركيب الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى وحالات التأكسد المختلفة لها وحالات تأكسدها الشائعة.

العنصر	المجموعة	التركيب الإلكتروني	حالات التأكسد والشائعة منها	بعض المركبات
$_{21}\text{Sc}$	IIIB	$[\text{Ar}], 4s^2, 3d^1$	3	$\text{Sc}_2\text{O}_3$
$_{22}\text{Ti}$	IVB	$[\text{Ar}], 4s^2, 3d^2$	④, 3, 2	$\text{TiO}_2, \text{Ti}_2\text{O}_3, \text{TiO}$
$_{23}\text{V}$	VB	$[\text{Ar}], 4s^2, 3d^3$	⑤, 4, 3, 2	$\text{V}_2\text{O}_5, \text{VO}_2, \text{V}_2\text{O}_3, \text{VO}$
$_{24}\text{Cr}$	VIB	$[\text{Ar}], 4s^1, 3d^5$	6, ③, 2	$\text{CrO}_3, \text{Cr}_2\text{O}_3, \text{CrO}$
$_{25}\text{Mn}$	VII B	$[\text{Ar}], 4s^2, 3d^5$	④, 3, 2, 7, 6	$\text{MnO}_2, \text{Mn}_2\text{O}_3, \text{MnO}$ $\text{KMnO}_4, \text{K}_2\text{MnO}_4$
$_{26}\text{Fe}$	VIII	$[\text{Ar}], 4s^2, 3d^6$	③, 2	$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{FeO}$
$_{27}\text{Co}$		$[\text{Ar}], 4s^2, 3d^7$	4, 3, ②	$[\text{CoF}_6]^{3-}, \text{CoCl}_3, \text{CoCl}_2$
$_{28}\text{Ni}$		$[\text{Ar}], 4s^2, 3d^8$	4, 3, ②	$\text{NiO}_2, \text{Ni}_2\text{O}_3, \text{NiO}$
$_{29}\text{Cu}$	IB	$[\text{Ar}], 4s^1, 3d^{10}$	②, 1	$\text{CuO}, \text{Cu}_2\text{O}$
$_{30}\text{Zn}$	IIB	$[\text{Ar}], 4s^2, 3d^{10}$	②	$\text{ZnO}$

(الجدول للإطلاع فقط)

ويلاحظ من الجدول ما يلي :

- تقع عناصر المجموعة الانتقالية الأولى في الدورة الرابعة بعد الكالسيوم وتركيبه الإلكتروني  $[\text{Ar}], 4s^2$  ويبدأ بعد ذلك امتلاء الأوربيتالات الخمسة للمستوى الفرعي (3d) بالإلكترون مفرد وفي كل أوربيتال بالتتابع حتى تصل إلى التنجيز (3d<sup>5</sup>) ثم يتوالى بعد ذلك ازدواج إلكترونين في كل أوربيتال حتى تصل إلى الخارصين (3d<sup>10</sup>) (قاعدة هوند).
- يشذ عن التركيب الإلكتروني المتوقع عنصران هما الكروم  $_{24}\text{Cr}$  (4s<sup>1</sup>, 3d<sup>5</sup>) وكذلك عنصر النحاس  $_{29}\text{Cu}$  (4s<sup>1</sup>, 3d<sup>10</sup>) حيث نجد في ذرة الكروم أن المستويين الفرعيين 4s و 3d نصف ممتلئين، في ذرة النحاس نجد أن المستوى الفرعي 4s نصف ممتلئ والمستوى الفرعي 3d تام الامتلاء - ويفسر ذلك بأن الذرة تكون أقل طاقة أي أكثر استقراراً عندما يكون المستوى الفرعي نصف ممتلئ (d<sup>5</sup>) أو تام الامتلاء (d<sup>10</sup>) ويلاحظ أن الامتلاء الكامل أو النصفى للمستوى الفرعي، ليس هو العامل الوحيد لثبات التركيب الإلكتروني للعنصر في المركب.



## الباب الأول :العناصر الإنتقالية

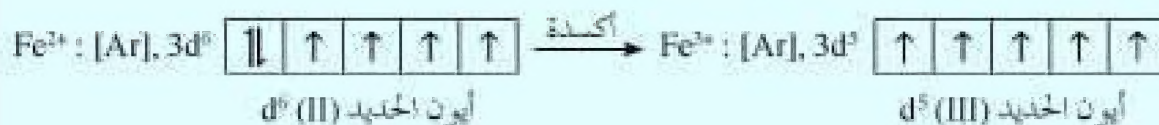
### تدريب

لماذا يسهل تأكسد أيون الحديد (II) إلى أيون الحديد (III) ،

بينما يصعب تأكسد أيون المنجنيز (II) إلى أيون المنجنيز (III) ؟

### الحل :

التركيب الإلكتروني للذرة الحديدية هو  $_{26}\text{Fe} : [\text{Ar}], 4s^2, 3d^6$



أيون الحديد (III) أكثر استقراراً لأن المستوى الفرعي 3d نصف ممتلئ ( $d^5$ ) لذا يسهل التفاعل في اتجاه تكوين التركيب الأكثر استقراراً.

التركيب الإلكتروني للذرة المنجنيز هو  $_{25}\text{Mn} : [\text{Ar}], 4s^2, 3d^5$



يلاحظ أن المستوى الفرعي 3d في أيون  $\text{Mn}^{2+}$  نصف ممتلئ ( $d^5$ ) لذا فهو أكثر استقراراً من أيون  $\text{Mn}^{3+}$  وتصبح عملية الأكسدة.

٣- تعطي جميع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى حالة التأكسد (+2) وذلك بفقد الإلكترونات في المستوى الفرعي 4s (ما عدا السكندنيوم) وفي حالات التأكسد الأعلى تفقد إلكترونات من المستوى الفرعي 3d

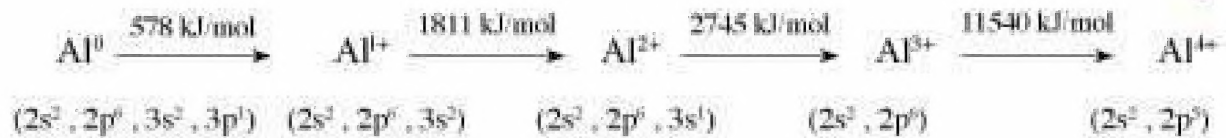
٤- تزداد حالات التأكسد من عنصر السكندنيوم حتى تصل إلى أقصى قيمة لها في عنصر المنجنيز (+7) الذي يقع في المجموعة السابعة (B). ثم تبدأ في التناقص بعد ذلك حتى تصل إلى حالة التأكسد (+2) في عنصر الخارسين ويقع في المجموعة الثانية (B) ومن ذلك يتضح أن أعلى عدد تأكسد لأي عنصر لا يتعدى رقم المجموعة التي ينتمي إليها ما عدا عناصر المجموعة IB وهي النحاس والفضة والذهب.

٥- تتميز العناصر الانتقالية بتعدد حالات تأكسدها بينما لا نلاحظ هذه الظاهرة في الفلزات المثلثة التي غالباً ما يكون لها حالة تأكسد واحدة - ويفسر ذلك أن الإلكترونات المفقودة من الذرة عند تأكسد العناصر الانتقالية تخرج من المستوى الفرعي 4s ثم المستوى الفرعي القريب منه في الطاقة 3d بالتتابع لذا نجد طاقات التأين المتتالية لذرة الفلز الانتقالي تزداد بتدرج واضح كما يتبين من جهود تأين الفانديوم مقدرة بالكيلوجول / مول في حالات التأكسد المتتالية.



أما في الفلزات الممثلة مثل الصوديوم والمغنسيوم والألومنيوم فنجد أن الزيادة في جهد التأين الثاني في حالة الصوديوم والثالث في حالة المغنسيوم والرابع في حالة الألومنيوم كبيرة جدًا وذلك لأنه يتسبب في كسر مستوى طاقة مكتمل لذا فلا يمكن الحصول على  $Na^{2+}$  أو  $Mg^{3+}$  أو  $Al^{4+}$  بالتفاعل الكيميائي العادي.

تطبيق :



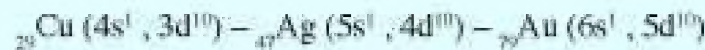
٦- بعد استعراضنا لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى وتركيبها الإلكتروني وحالات تأكسدها يمكننا الآن أن نصل إلى تعريف للعناصر الانتقالية بوجه عام كما يلي :

العصر الانتقالي :

هو العنصر الذي تكون فيه الأوربيتالات d أو f مشغولة ولكنها غير ممتلئة سواء في الحالة الذرية أو في أي حالة من حالات تأكسده.

تدريب ١

هل تعتبر فلزات العملة Coinage metals وهي النحاس والفضة والذهب عناصر انتقالية علمًا بأن التركيب الإلكتروني لأوربيتالاتها الخارجية هو :



الحل :

يتضح أن المستوى الفرعي (d) للفلزات الثلاثة ممتلئ بالإلكترونات ( $d^{10}$ ) في الحالة الذرية ولكن عندما تكون في حالة تأكسد (+2) أو (+3) نجد أن المستوى الفرعي (d) يكون غير ممتلئ ( $d^9$ ) أو ( $d^8$ ) إذن فهي عناصر انتقالية.

تدريب ٢

هل تعتبر فلزات الحارصين والكاديوم والزنك عناصر انتقالية علمًا بأن التركيب الإلكتروني لأوربيتالاتها الخارجية هو :



الحل :

يتضح أن المستوى الفرعي (d) للفلزات الثلاثة ممتلئ بالإلكترونات ( $d^{10}$ ) سواء في الحالة الذرية أو في حالة التأكسد (+2) لذا لا تعتبر هذه الفلزات انتقالية لأنها تكون ممتلئة المستوى الفرعي (d) في الحالة الذرية وفي الحالة المتأينة.



## الباب الأول :العناصر الإنتقالية

### الخواص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى :

يوضح الجدول التالي بعض البيانات الخاصة بعناصر هذه المجموعة والتي يمكن الخروج منها بالخصائص

العامة التي تتميز بها هذه العناصر فيما يلي : ( الجدول للاطلاع فقط )

العنصر	الكتلة الذرية	نصف قطر الذرة Å	الكثافة g/cm <sup>3</sup>	درجة الانصهار °C	درجة الغليان °C
اسكانديوم Sc	45.0	1.44	3.10	1397	3900
تيتانيوم Ti	47.9	1.32	4.42	1680	3130
فاناديوم V	51.0	1.22	6.07	1710	3530
كروم Cr	52.0	1.17	7.19	1890	2480
منجنيز Mn	54.9	1.17	7.21	1247	2087
حديد Fe	55.9	1.16	7.87	1528	2800
كوبلت Co	58.9	1.16	8.70	1490	3520
نيكل Ni	58.7	1.15	8.90	1492	2800
نحاس Cu	63.5	1.17	8.92	1083	2582

١- **الكتلة الذرية** : تزداد الكتلة الذرية بالتدرج بزيادة العدد الذري ويشذ عن ذلك النيكل ويرجع ذلك لوجود

خمسة نظائر مستقرة للنيكل المتوسط الحسابي لها 58.70

٢- **نصف قطر الذرة** : يلاحظ أن أنصاف الأقطار الذرية لا تتغير كثيراً عند انتقالنا عبر السلسلة الانتقالية الأولى كما يلاحظ الثبات النسبي لنصف القطر من الكروم إلى النحاس، ويرجع ذلك إلى عاملين متعاكسين ،

( أ ) العامل الأول ويعمل على نقص نصف قطر الذرة بزيادة العدد الذري حيث تزداد شحنة النواة الفعالة لهذه العناصر وكذلك يزداد عدد إلكترونات الذرة من الاسكانديوم إلى النحاس فيزداد جذب النواة للإلكترونات ويعمل على نقص في نصف قطر الذرة.

( ب ) العامل الثاني ويعمل على زيادة نصف قطر الذرة وهو تزايد عدد إلكترونات المستوى الفرعي 3d فتزداد قوى التنافر بينها. ونتيجة لتأثير هذين العاملين المتعاكسين نلاحظ الثبات النسبي في أنصاف أقطار هذه العناصر. وهذا يفسر سبب استخدام هذه العناصر في إنتاج السبائك.

٣- **الخاصية الفلزية** : تظهر الخاصية الفلزية بوضوح بين عناصر هذه السلسلة ويتضح ذلك فيما يلي :

( أ ) جميعها فلزات صلبة تمتاز باللمعان والبريق وجودة التوصيل للحرارة والكهرباء.

( ب ) لها درجات انصهار وغليان مرتفعة ويعزى ذلك إلى الترابط القوي بين الذرات والذي يتضمن اشتراك إلكترونات 4s ، 3d في هذا الترابط.

(ج) معظمها فلزات ذات كثافة عالية وتزداد الكثافة عبر السلسلة بزيادة العدد الذري لأن الحجم الذري لهذه العناصر ثابت تقريباً وعلى ذلك فالعامل الذي يؤثر في الزيادة التدريجية في الكثافة هو زيادة الكتلة الذرية.

(د) هناك تباين في نشاط فلزات العناصر الانتقالية الكيميائية - فالنحاس فلز محدود النشاط - وبعضها متوسط النشاط كالحديد الذي يصدأ عند تعرضه للهواء وبعضها شديد النشاط مثل السكندريوم الذي يحل محل هيدروجين الماء بنشاط شديد.

4- الخواص المغناطيسية: كان لدراسة الخواص المغناطيسية الفضل الكبير في فهمنا لكيمياء العناصر الانتقالية. وهناك أنواع مختلفة من الخواص المغناطيسية نستعرض منها نوعان:

(أ) الخاصية البارامغناطيسية: وتظهر هذه الخاصية في الأيونات أو الذرات أو الجزيئات التي يكون فيها أوربيتالات تشغلها إلكترونات مفردة ( $\uparrow$ ) وكما نعرف ينشأ عن عزل الإلكترون المفرد حول محوره مجال مغناطيسي يتجاذب مع المجال المغناطيسي الخارجي.

وتعرف المادة البارامغناطيسية: بأنها المادة التي تنجذب نحو المجال المغناطيسي نتيجة لوجود إلكترونات مفردة - وتتناسب قوى الجذب المغناطيسي في المواد البارامغناطيسية مع عدد الإلكترونات المفردة ومعظم مركبات العناصر الانتقالية مواد بارامغناطيسية.

(ب) الخاصية الديامغناطيسية Diamagnetism: وتنشأ هذه الخاصية في المواد التي تكون الإلكترونات في جميع أوربيتالاتها (d) في حالة ازدواج ( $\uparrow\downarrow$ ) فيكون عزيمها المغناطيسي يساوي صفراً لأن كل إلكترونين مزدوجين يعملان في اتجاهين متضادين.

المادة الديامغناطيسية: هي المادة التي تتناهر مع المجال المغناطيسي نتيجة لوجود جميع إلكتروناتها في حالة ازدواج.

تدريب

أى المواد الآتية ديامغناطيسي وأيها بارامغناطيسي: ذرة الخارصين  $Zn(d^{10})$ ، أيون النحاس  $(II)(d^9)$ ، كلوريد الحديد  $(II)(d^6)$

الحل:

الذرة أو الأيون	التوزيع الإلكتروني لأوربيتالات d	عدد الإلكترونات المفردة	الخاصية المغناطيسية					
Zn	$d^{10}$ <table><tr><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow\downarrow</math></td></tr></table>	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	zero	ديامغناطيسي
$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$				
$Cu^{2+}$	$d^9$ <table><tr><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow</math></td></tr></table>	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	1	بارامغناطيسي
$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$				
$Fe^{2+}$	$d^6$ <table><tr><td><math>\uparrow\downarrow</math></td><td><math>\uparrow</math></td><td><math>\uparrow</math></td><td><math>\uparrow</math></td><td><math>\uparrow</math></td></tr></table>	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	4	بارامغناطيسي
$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$				

ويمكن عن طريق قياس وتقدير العزوم المغناطيسية للمادة تحديد عدد الإلكترونات المفردة ومن ثم تحديد التركيب الإلكتروني لأيون الفلز.



## الباب الأول :العناصر الانتقالية

### تدريب

رتب كايونات المركبات الآتية تصاعدياً، حسب عزمها المغناطيسي :



٥- **النشاط الحفزي Catalytic activity** : تعتبر الفلزات الانتقالية عوامل حفز مثالية، فالنيكل المجرأ يستخدم في عمليات هدرجة الزيوت والحديد المجرأ في تحضير غاز النشادر بطريقة هابر - بوش.



كما يستخدم خامس أكسيد الفانديوم  $\text{V}_2\text{O}_5$  كعامل حفاز في تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس.



المسار سير التفاعل

أثر  $\text{MnO}_2$  كعامل حفز في تفاعل انحلال  $\text{H}_2\text{O}_2$

المسار سير التفاعل

وترجع أهمية فلزات السلسلة الانتقالية الأولى كعوامل حفز إلى استخدام إلكترونات  $4s, 3d$  في تكوين روابط بين الجزيئات المتفاعلة وذرات سطح الفلز مما يؤدي إلى تركيز هذه المتفاعلات على سطح الحافز وإلى أضعاف الرابطة في الجزيئات المتفاعلة مما يقلل طاقة التنشيط ويساعد في سرعة التفاعل.

٦- **الأيونات الملونة Coloured ions** : معظم مركبات العناصر الانتقالية ومحاليلها المائية ملونة ويوضح

الجدول التالي ألوان بعض الأيونات المتهدرة لفلزات السلسلة الانتقالية الأولى :

عدد إلكترونات (3d) في الأيون	اللون	عدد إلكترونات (3d) في الأيون	اللون
$(3d^0) \text{Fe}^{3+}_{(aq)}$	عديم اللون	$(3d^0) \text{Sc}^{3+}_{(aq)}$	عديم اللون
$(3d^0) \text{Fe}^{2+}_{(aq)}$	بنفسجي غمر	$(3d^1) \text{Ti}^{3+}_{(aq)}$	بنفسجي غمر
$(3d^7) \text{Co}^{2+}_{(aq)}$	أزرق	$(3d^2) \text{V}^{3+}_{(aq)}$	أزرق
$(3d^8) \text{Ni}^{2+}_{(aq)}$	أخضر	$(3d^3) \text{Cr}^{3+}_{(aq)}$	أخضر
$(3d^9) \text{Cu}^{2+}_{(aq)}$	بنفسجي	$(3d^4) \text{Mn}^{2+}_{(aq)}$	بنفسجي
$(3d^{10}) \text{Zn}^{2+}_{(aq)}, \text{Cu}^{+}_{(aq)}$	أحمر (وردي)	$(3d^5) \text{Mn}^{2+}_{(aq)}$	أحمر (وردي)

### تفسير اللون في المواد :

من المعروف أن لون المادة ينتج من امتصاص بعض فوتونات متعلقة الضوء المرئي والذي تراه العين هو محصلة مخلوط الألوان المتبقية (المنعكسة) فإذا امتصت المادة جميع ألوان الضوء المرئي (الأبيض) تظهر للعين سوداء وإذا لم تمتص أيًا منها ظهرت بيضاء - وعندما تمتص المادة لونًا معينًا يظهر لونها باللون المتمم له Complementary colour ويبين الجدول اللون الذي تمتصه المادة واللون المتمم له (المنعكس) وهو الذي تراه به العين.

فمثلا مركبات الكروم (III) تمتص اللون الأحمر لذا يظهر لونها باللون الأخضر.

ويوضح كل من الجدول والشكل التاليين أزواج الألوان المتتامة :



اللون المتمم الذي تراه العين	اللون الذي تمتصه المادة
أصفر Y	بنفسجي V
برتقالي O	أزرق B
أحمر R	أخضر G
بنفسجي V	أصفر Y
أخضر G	أحمر R

### العلاقة بين ألوان أيونات العناصر الانتقالية وتركيبها الإلكتروني :

بمراجعة الجدول الذي يبين ألوان أيونات العناصر الانتقالية المتهدرتة نجد أن أيونات  $(d^0) Sc^{3+}$  ،  $(d^{10}) Cu^{2+}$  ،  $(d^{10}) Zn^{2+}$  غير ملونة - كذلك نجد أيونات العناصر غير الانتقالية - فهي تتميز إما باحتوائها على أوربيتالات d فارغة ( $d^0$ ) أو ممتلئة تمامًا ( $d^{10}$ ). من ذلك نستنتج أن اللون في أيونات العناصر الانتقالية يعزى إلى الامتلاء الجزئي ( $e : 1 : 9$ ) لأوربيتالات المستوى الفرعي (d) أي لوجود إلكترونات منفردة في أوربيتالات (d).



## الباب الأول :العناصر الإنتقالية

### Iron

### الحديد



يعتبر الحديد عصب الصناعات الثقيلة . ويأتى ترتيب الحديد الرابع بين العناصر المعروفة فى القشرة الأرضية بعد عناصر الأكسجين والسيليكون والألومنيوم حيث يكون 6.3% من وزن القشرة الأرضية وتزداد كميته تدريجياً كلما اقتربنا من باطن الأرض. ولا يوجد الحديد بشكل حر إلا فى النيازك ( 90 %). ويوجد الحديد فى القشرة الأرضية على هيئة خامات طبيعية تحتوى على مختلف أكاسيد الحديد مختلطة بشوائب وتحدد صلاحية خام الحديد للاستخلاص بنسبة الحديد فيه وبتركيب الشوائب المصاحبة له وبوجود العناصر الضارة المختلطة معه مثل الكبريت والفوسفور والزرنيخ وغيرها. ويوضح الجدول الأتى أهم خامات الحديد التى تستخدم فى تصنيعه.

الخام	الاسم الكيميائى	الصيغة الكيميائية	الخواص	نسبة الحديد فى الخام	أماكن وجوده فى مصر
الهيماتيت	أكسيد الحديد (III)	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	- لونه أحمر داكن - سهل الاختزال	50 - 60 %	الجزء الغربى لمدينة أسوان - الواحات البحرية
الليمونيت	أكسيد الحديد (III) المتهذبات	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	- أصفر اللون - سهل الاختزال	20 - 60 %	الواحات البحرية
المجنتيت	أكسيد الحديد المغناطيسى	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	- أسود اللون - له خواص مغناطيسية	45 - 70 %	الصحراء الشرقية
السيدريت	كربونات الحديد (II)	$\text{FeCO}_3$	- لونه رمادى مصفر - سهل الاختزال	30 - 42 %	-

### استخلاص الحديد من خاماته :

أولاً ، تجهيز خامات الحديد ،  
تتم عمليات التجهيز عادة لتحقيق ما يلى ،

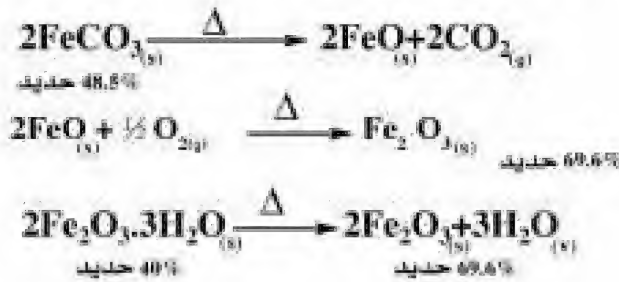
#### ١- تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للخامات وتنظفها :

- عمليات التكسير ، بهدف الحصول على الحجم المناسب لعمليات الاختزال.
- عمليات التلبيد ، تنتج عن عمليات التكسير والطحن وعن عمليات تنظيف غازات الأفران العالية كميات هائلة من الخام الناعم الذى لا يمكن استخدامه فى الأفران العالية مباشرة. لذا تخضع هذه الأحجام الدقيقة للمعالجة بغرض ربط وتجميع الحبيبات فى أحجام أكبر تكون متماثلة ومتجانسة وتسمى هذه العملية بالتلبيد.
- عمليات التركيز ، وهى العمليات التى تجرى بهدف زيادة نسبة الحديد وذلك بفصل الشوائب والمواد غير المرغوب فيها عن الخامات التى تكون متحدة معها كيميائياً أو مختلطة بها وتتم عمليات التركيز باستخدام خاصية التوتر السطحي أو الفصل المغناطيسى أو الكهربى.

## ٢- تحسين الخواص الكيميائية :

### التخميص :

وتتم هذه العملية بتسخين الخام بشدة في الهواء وذلك بغرض :  
(أ) تخفيف الخام والتخلص من الرطوبة ورفع نسبة الحديد في الخام .



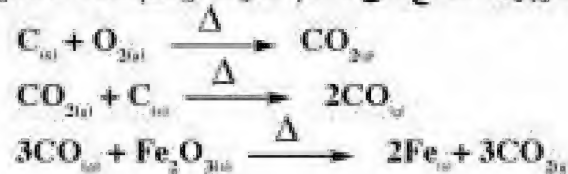
(ب) أكسدة بعض الشوائب مثل الكبريت و الفوسفور :



### ثانياً ، اختزال خامات الحديد :

يتم في هذه المرحلة اختزال أكاسيد الحديد إلى حديد ، بإحدى طريقتين تبعاً للعامل المختزل المستخدم .

(أ) الاختزال بغاز أول أكسيد الكربون الناتج من فحم الكوك ، وتتم هذه العملية في الفرن العالي



(ب) الاختزال بخليط غازي أول أكسيد الكربون والهيدروجين (الغاز المائي) الناتجين من الغاز الطبيعي (نسبة غاز الميثان  $\text{CH}_4$  فيه 93%) وتتم هذه العملية في فرن مدركنس .





### ثالثاً : إنتاج الحديد :

بعد عملية اختزال خامات الحديد في الفرن العالي أو فرن مدرّكس تأتي المرحلة الثالثة وهي إنتاج الأنواع المختلفة من الحديد مثل الحديد الزهر أو الصلب .

### الصلب Steel

تعتمد صناعة الصلب على عمليتين أساسيتين هما :

- ١- التخلص من الشوائب الموجودة في الحديد الناتج من أفران الاختزال .
- ٢- إضافة بعض العناصر إلى الحديد لتكسب الصلب الناتج الخواص المطلوبة للأغراض الصناعية .

\* وتتم صناعة الصلب باستخدام واحد من ثلاثة أنواع معروفة من الأفران هي :

- ١- المحولات الأكسجينية .
- ٢- الفرن المفتوح .
- ٣- الفرن الكهربائي .

### السيانك

السبيكة هي مايتكون عادة من فلزين أو أكثر مثل الحديد والكروم، الحديد والمنجنيز، الحديد والفاناديوم، الحديد والنيكل، ويمكن أن تتكون من فلز وعناصر لافلزية مثل الكربون.

#### تحضير السيانك :

١- تحضر السيانك عادة بصهر الفلزات مع بعضها وترك المنصهر ليبرد تدريجياً.

٢- الترسيب الكهربى :

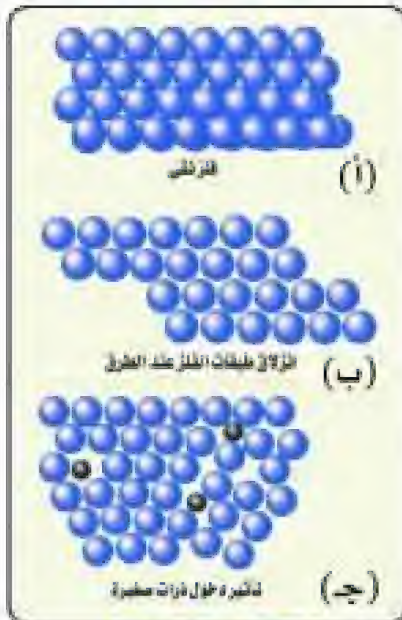
يمكن الحصول على السيانك بالترسيب الكهربى لفلزين أو أكثر فى نفس الوقت ، مثل تغطية المقابض الحديدية بالنحاس الأصفر ( نحاس + خارصين ) وذلك بترسيبه كهربياً من محلول يحتوى أيونات النحاس والخارصين على هذه المقابض .

#### أنواع السيانك :

##### ١- السيانك البينية :

يتكون أى فلز نقى - كالحديد - من شبكة بلورية من ذرات الفلز مرسومة رصاً محكماً بينها مسافات بينية شكل (١-٥أ) وعند الطرق يمكن أن تتحرك طبقة من ذرات الفلز فوق طبقة أخرى شكل (١-٥ب) ولكن إذا أدخل فلز آخر حجم ذراته أقل من حجم ذرات الفلز النقى فى المسافات البينية للشبكة البلورية للفلز الأسمى، فإن ذلك يعوق إنزلاق الطبقات (شكل ١-٥ج) وهو مايزيد من صلابة الفلز بالإضافة إلى تأثير بعض خواصه الفيزيائية الأخرى مثل : قابلية الطرق والسحب ودرجات الإنصهار والتوصيل الكهربى والخواص المغناطيسية.

ويعرف مثل هذا النوع من السيانك باسم السيانك البينية ومن أمثلتها سبيكة الحديد والكربون (الحديد الصلب)



شكل (١-٥)



### ٢- السبائك الاستيدالية ،

فى هذا النوع من السبائك تستبدل بعض ذرات الفلز الأصى بذرات فلز آخر له نفس القطر والشكل البلورى والخواص الكيمائية مثل سبيكة (الحديد والكروم) فى الصلب الذى لا يصدأ وسبيكة (الذهب والنحاس)، وسبيكة (الحديد والنيكل).

### ٣- سبائك المركبات البينفلزية ،

فى هذا النوع من السبائك تتحد العناصر المكونة للسبيكة اتحادا كيميائيا فتتكون مركبات كيميائية، لاتخضع صيغتها الكيميائية لقوانين التكافؤ وهى مركبات صلبة تتكون من فلزات لا تقع فى مجموعة واحدة من الجدول الدورى، ومن أمثلتها سبيكة (الألومنيوم - النيكل)  $Ni_3 Al$  والمعروفة باسم الديور ألومين وسبيكة (الرصاى - الذهب)  $Au_2 Pb$

### خواص الحديد

ليس للحديد النقى أى أهمية صناعية فهو لين نسبيا ليس شديد الصلابة، يسهل تشكيله، قابل للسحب والطرق، له خواص مغناطيسية ينصهر عند  $1538^{\circ}C$  وكثافته  $7.87g/cm^3$ . وتعتمد الخواص الفيزيائية للحديد على نقائه وطبيعة الشوائب به، ويمكن إنتاج عدد هائل من أنواع الصلب وسبائك الحديد لها صفات عديدة تجعلها صالحة لاستخدامات كثيرة.

### الخواص الكيميائية :

- بخلاف العناصر التي قبله في السلسلة الانتقالية الأولى لا يعطى الحديد حالة تأكسد تدل على خروج جميع الإلكترونات المستويين الفرعيين (4s,3d) وهي ثمان إلكترونات .
- جميع حالات التأكسد الأعلى من (+3) ليست ذا أهمية .
- له حالة تأكسد (+2) تقابل خروج الكتروني المستوى الفرعي (4s) وحالة تأكسد (+3) تقابل (3d<sup>5</sup>) نصف ممتلئ ( حالة ثابت ) .

### ١- تأثير الهواء :

يتفاعل الحديد الساخن لدرجة الاحمرار مع الهواء أو الأكسجين ليعطى أكسيد حديد مغناطيسي



### ٢- فعل بخار الماء :

يتفاعل الحديد الساخن لدرجة الاحمرار (500°C) مع بخار الماء ليعطى أكسيد حديد مغناطيسي وهيدروجين .



### ٣- مع الهالوجينات :

يتفاعل مع الكلور ويعطى كلوريد حديد (III) ويتحد مع الكبريت مكونا كبريتيد حديد (II)





### ١- مع الأحماض :

يذوب الحديد في الأحماض المعدنية المخففة ليعطى أملاح حديد (II) ولا يتكون أملاح الحديد (III) لأن الهيدروجين الناتج يختزلها .



- يتفاعل مع حمض الكبريتيك المركز الساخن ليعطى كبريتات حديد (II) وكبريتات حديد (III) وثاني أكسيد الكبريت وماء .



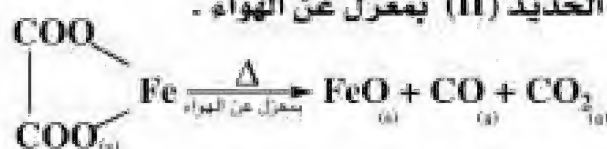
- يسبب حمض النيتريك المركز خمولا ظاهريا للحديد لتكون طبقة رقيقة من الأكسيد على سطح الفلز تحميه من استمرار التفاعل، ويمكن إزالة هذه الطبقة بالحك أو باستخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف.

## أكاسيد الحديد

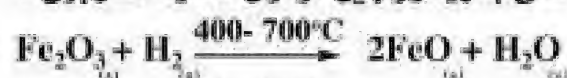
### ١- أكسيد الحديد (II) :FeO

#### تحضيره :

١- بتسخين أوكسالات الحديد (II) بمعزل عن الهواء .



٢- باختزال الأكاسيد الأعلى بالهيدروجين أو أول أكسيد الكربون .



• خواصه :

- ١- مسحوق أسود لا يذوب في الماء .
- ٢- يتأكسد بسهولة في الهواء الساخن .



- ٣- يتفاعل مع الأحماض المعدنية المخففة منتجا أملاح الحديد (II) والماء .



٢- أكسيد الحديد (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :

• تحضيره :

- ١- عند إضافة محلول قلوي إلى محاليل أملاح الحديد (III) يترسب هيدروكسيد الحديد (III) (بنى محمر).
- وعند تسخين الهيدروكسيد عند درجة أعلى من  $200^\circ\text{C}$  يتحول إلى أكسيد حديد (III)



- ٢- عند تسخين كبريتات الحديد (II) ينتج أكسيد الحديد (III) .



• وجوده :

- يوجد في الطبيعة في خام الهيماتيت .

• خواصه :

- ١- لا يذوب في الماء .
- ٢- يستخدم كلون أحمر في الدهانات .
- ٣- يتفاعل مع الأحماض المعدنية المركزة الساخنة معطيا أملاح الحديد (III) والماء .



مثال :-



٣- الأكسيد الأسود ( أكسيد الحديد المغناطيسي )  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ :

• وجوده :-

يوجد في الطبيعة ويعرف بالجنيتيت، وهو أكسيد مختلط من أكسدي حديد (II) وحديد (III).

• تحضيره :-

١- من الحديد المنسخن لدرجة الأحمرار بفعل الهواء أو بخار الماء .

٢- باختزال أكسيد الحديد (III) .



• خواصه :-

١- مغناطيس قوى .

٢- يتفاعل مع الأحماض المركزة الساخنة معطيا أملاح حديد (II) وحديد (III) مما

يدل على أنه أكسيد مركب .



٢- يتأكسد إلى أكسيد الحديد (III) عند تسخينه في الهواء .



التقويم

السؤال الأول :

اختر الاجابة الصحيحة من بين الاجابات التالية :

- ١- عند تفاعل الحديد مع الكبريت يعطى .....  
 أ-  $Fe_2(SO_4)_3$  ب-  $FeSO_4$   
 ج-  $Fe_2S_3$  د-  $FeS$
- ٢- يذوب الحديد في الأحماض المخففة وينتج .....  
 أ- أملاح حديد (II) ب- أكسيد حديد (II)  
 ج- أملاح حديد (III) د- أكسيد حديد (III)
- ٣- أكسيد الحديد الأسود أكسيد مختلط لذلك عند تفاعله مع الأحماض المركزة الساخنة يعطى .....  
 أ- أملاح حديد (II) ب- أملاح حديد (III)  
 ج- (أ، ب) معا د- أكسيد حديد (III)
- ٤- عند اختزال أكسيد الحديد المغناطيسي عند درجة من  $400-700^\circ C$  ينتج .....  
 أ-  $Fe$  ب-  $FeO$   
 ج-  $Fe_2O_3$  د-  $FeSO_4$
- ٥- يتفاعل  $FeO$  مع الأحماض المخففة منتجا .....  
 أ- ملح الحديد (II) فقط ب- ملح الحديد (III) فقط  
 ج- ملح الحديد (II) وماء د- ملح الحديد (III) وماء
- ٦- عند تسخين كبريتات حديد (II) ينتج أكسيد حديد (III)، ثاني أكسيد الكبريت و.....  
 أ- الهيدروجين ب- الماء  
 ج- ثالث أكسيد الكبريت د- كبريتيد الهيدروجين
- ٧- نوع من السبائك تتحد فيه العناصر المكونة للسبيكة اتحادا كيميائيا هي .....



## الباب الأول :العناصر الإنتقالية

أ - السبائك البينية

ب - السبائك الاستبدالية

ج - سبائك المركبات البينفلزية

د - (أ ، ب) معا

٨ - سبيكة الحديد و الكروم من السبائك .....

أ - البينية

ب - الاستبدالية

ج - المركبات البينفلزية

د - (أ ، ج) معا

### السؤال الثاني :

اختر من العمود (ب) التركيب الإلكتروني لعناصر العمود (أ) ثم ما يناسبه من الاستخدامات من العمود (ج) :

(أ) العنصر	(ب) التركيب الإلكتروني	(ج) الاستخدامات
١ - تيتانيوم ( $_{22}\text{Ti}$ )	أ - $[\text{Ar}] 3d^0 4s^1$	I - يستخدم أحد مركباته كمادة مؤكسدة ومطهرة
٢ - كروم ( $_{24}\text{Cr}$ )	ب - $[\text{Ar}] 3d^7 4s^2$	II - يستخدم في هدرجة الزيوت
٣ - منجنيز ( $_{25}\text{Mn}$ )	ج - $[\text{Ar}] 3d^2 4s^2$	III - يستخدم نظيره المشع (60) في عمليات حفظ الأغذية
٤ - كوبلت ( $_{27}\text{Co}$ )	د - $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$	IV - يستخدم في دباغة الجلود
٥ - نيكل ( $_{28}\text{Ni}$ )	هـ - $[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$	V - تستخدم سبائكه مع الألومنيوم في صناعة المركبات الفضائية
٦ - نحاس ( $_{29}\text{Cu}$ )	و - $[\text{Ar}] 3d^5 4s^2$	VI - يدخل في تركيب محلول فلتنج
		VII - يستخدم في صناعة زبركات السيارات

### السؤال الثالث :

ماذا يحدث عند :

- ١- تسخين هيدروكسيد حديد (III) إلى أعلى من 200°C .
- ٢- تسخين كبريتات حديد (II) تسخيناً شديداً.
- ٣- تفاعل الهيماتيت مع حمض الكبريتيك المركز الساخن .
- ٤- تسخين أكسيد الحديد المغناطيسي بشدة في الهواء .
- ٥- تسخين أوكسالات حديد (II) بمعزل عن الهواء .
- ٦- اختزال أكسيد حديد (III) بالهيدروجين .

### السؤال الرابع :

أ- صنف ما يلي إلى مواد ديامغناطيسية و مواد بارامغناطيسية :



ب- صنف ما يلي إلى مواد ملونة ومواد غير ملونة:

- ١ - أيون حديد (II)      ٢ - أيون حديد (III)
- ٣ - أيون تيتانيوم (III)      ٤ - أيون سكانيوم (III)
- ٥ - أيون نحاس (II)      ٦ - أيون غارمين (II)

### السؤال الخامس :

- وضح الدور الذي يقوم به كل من :
- ١ - فحم الكوك في الفرن العالي .
  - ٢ - الغاز الطبيعي في فرن مدركنس .



السؤال السادس :

اكتب المعادلات التي تعبر عن الخططات التالية :



السؤال السابع :

علل لما يأتي :

- ١- يشذ عن التركيب الإلكتروني المتوقع لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى كل من الكروم و النحاس .
- ٢- رغم النشاط الكيميائي العالي للكروم إلا أنه يقاوم فعل العوامل الجوية .
- ٣- تعتبر فلزات العملة (النحاس - الفضة - الذهب ) عناصر إنتقالية .
- ٤- النقص في الحجم الذري خلال السلسلة الإنتقالية الأولى لا يكون كبيراً .
- ٥- ارتفاع درجات الانصهار ودرجات الغليان لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى .
- ٦- كثير من الفلزات الانتقالية ومركباتها تتجاذب مع المجال المغناطيسي الخارجى .
- ٧- عند تفاعل الحديد مع الأحماض المعدنية المخففة تنتج أملاح الحديد (II) وليس أملاح الحديد (III).

- ٨- لا يكون الإسكانديوم مركبات يكون عدد تأكسده فيها 4 +
- ٩- أيونات  $Zn^{2+}$  ,  $Sc^{3+}$  غير ملونة.
- ١٠- كلوريد الحديد (III) مادة بارامغناطيسية.
- ١١- يسبب حمض النيتريك المركز خمولا للحديد.
- ١٢- لمعظم العناصر الإنتقالية نشاط حفزى.

# الباب الثاني

## التحليل الكيميائي



### الأهداف

فى نهاية دراسة الطالب لباب التحليل الكيميائى ينبغى أن يكون قادراً على أن :

- يتذكر المفاهيم والقوانين السابق دراستها والمرتبطة بموضوعات باقى

الأبواب.

- يشرح مفهوم التحليل الكيميائى وأنواعه.
- يتعرف أنواع التحليل الكمى الوصفى.
- يكتسب مهارة الكشف عن بعض الشقوق الحامضية.
- يكتسب مهارة الكشف عن بعض الشقوق القاعدية.
- يتعرف أنواع التحليل الكمى الحجمى.
- يتعرف أنواع التحليل الكمى الكتلى.
- يجرى تجربة تعادل حمض قوى وقلوى قوى باستخدام دليل مناسب.
- يقارن بين الأدلة الكيميائية واستخداماتها.
- يكتسب مهارة الدقة فى استخدام الأدوات المعملية.
- يقدر أهمية «دراسة التحليل الكيميائى» للفرد والمجتمع.
- يكون اتجاهها إيجابياً نحو تكامل الرياضيات والعلوم معاً.

### تراكم معرفتي

مراجعة المفاهيم والقوانين التي سبق دراستها في الصفين الأول والثاني الثانوي، ولها علاقة بباقي أبواب الكتاب.

\* **المول** هو كمية المادة التي تحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات (جزيئات أو ذرات أو أيونات أو وحدات صيغة أو إلكترونات).



«يلزم 3 مول من الإلكترونات لاختزال 1 مول من أيونات  $\text{Al}^{3+}$  لتكوين 1 مول من ذرات Al»

\* **الكتلة المولية (g)** - مجموع الكتل الذرية للعناصر الداخلة في تركيب الجزيء أو وحدة الصيغة، مقدرة بوحدة الجرام.

$$\text{عدد المولات (mol)} = \frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}$$

$$\text{عدد الجزيئات} = \text{عدد مولات الجزيئات} \times \text{عدد أفوجادرو}$$

$$(\text{أو الذرات أو الأيونات}) \quad (\text{أو الذرات أو الأيونات}) \quad 6.02 \times 10^{23}$$

$$\text{حجم الغاز (L)} = \text{عدد مولات الغاز (mol)} \times 22.4 \text{ (L/mol)} \quad (\text{at STP})$$

$$\text{كثافة الغاز (g/L)} = \frac{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}{22.4 \text{ (L/mol)}} \quad (\text{at STP})$$

$$\text{التركيز المولاري (M)} = \frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$\text{النسبة المئوية الكتلية لعنصر في مركب (g/g\%) = 100 \times \frac{\text{كتلة العنصر في مول من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}}$$

$$\text{النسبة المئوية الكتلية لمركب في عينة غير نقية} = 100 \times \frac{\text{كتلة المركب في العينة}}{\text{كتلة العينة غير النقية}}$$



## Chemical Analysis

## التحليل الكيميائى

يعتبر التحليل الكيميائى أحد فروع علم الكيمياء الهامة الذى ساهم بدور كبير فى تقدم هذا العلم، كما لعب دوراً كبيراً فى تطور المجالات العلمية المختلفة مثل الطب، والزراعة والصناعات الغذائية والبيئية ... وغيرها.

**فى مجال الطب :** يعتمد تشخيص الأمراض على التحليل الكيميائى فتقدير نسب السكر والزلال والبولينا والكوئسترول وغيرها تسهل مهمة الطبيب فى التشخيص والعلاج، وكذلك تقدير كمية المكونات الفعالة فى الدواء.

**فى مجال الزراعة :** يعتمد تحسين خواص التربة وبالتالي المحاصيل على التحاليل الكيميائية التى تجرى على التربة لمعرفة خواصها، من حيث الحموضة والقاعدية، ونوع ونسب العناصر الموجودة بها، وبالتالي يمكن معالجتها بإضافة الأسمدة المناسبة.

**فى مجال الصناعة :** لا توجد صناعة إلا وكان التحليل الكيميائى للخامات والمنتجات مستخدماً فيها لتحديد مدى مطابقتها للمواصفات القياسية.

**فى مجال خدمة البيئة :** معرفة وقياس محتوى المياه والأغذية من الملوثات البيئية الضارة وكذلك نسب غازات أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين فى الجو.

وهناك من الأمثلة العديدة التى لا يتسع المجال لحصرها التى تقوم أساساً على التحليل الكيميائى الذى يدرس التركيب الكيميائى للمواد

### أنواع التحليل الكيميائى :

لو أن لديك عينة من مادة ما يراد تحليلها كيميائياً فيجب التعرف على نوع العناصر المكونة لها ونسبة كل عنصر وكيف تترايط هذه العناصر مع بعضها إلى أن تصل إلى الصيغة الجزيئية للمادة، أو لمجموعة المركبات المكونة للمادة إن كانت مخلوطاً. ويتم التحليل الكيميائى للمادة بنوعين من التحليل :

#### ١- التحليل الوصفى (الكيفى) : Qualitative Analysis

يهدف إلى التعرف على مكونات المادة سواء كانت نقية (ملحاً بسيطاً) أو مخلوطاً من عدة مواد.

#### ٢- التحليل الكمي : Quantitative Analysis

يهدف إلى تقدير نسبة كل مكون من المكونات الأساسية للمادة.

ولا بد من إجراء عمليات التحليل الكيفى أولاً للتعرف على مكونات المادة حتى يمكن اختيار أنسب الطرق لتحليلها كميًا.

#### أولاً التحليل الكيميائى الوصفى (الكيفى أو النوعى) Qualitative Chemical Analysis

ذكرنا أن التحليل الوصفى يهدف إلى التعرف على مكونات المادة سواء كانت مادة نقية أو مخلوطاً من عدة مواد. فإذا كانت مادة نقية فإنه يمكن التعرف عليها من ثوابتها الفيزيائية مثل درجة الانصهار ودرجة الغليان والكتلة المولية .. إلخ.

وإذا كانت مخلوطاً فيجب أولاً إجراء فصل المواد النقية كل على حدة ثم نكشف عنها بالطرق الكيميائية باستخدام الكواشف المناسبة.

وعلى ذلك فالتحليل الكيميائى الوصفى : عبارة عن سلسلة من التفاعلات المختارة المناسبة تجرى للكشف عن نوع المكونات الأساسية لمادة على أساس التغيرات الحادثة فى هذه التفاعلات. ويضم التحليل الكيميائى الوصفى فرعين :



### أ- تحليل المركبات العضوية :

يتم فيها الكشف عن العناصر والمجموعات الوظيفية الموجودة بغرض التعرف على المركب.

### ب- تحليل المركبات غير العضوية :

يتم فيها التعرف على الأيونات التي يتكون منها المركب غير العضوي، ويشمل الكشف عن الكاتيونات (الشق القاعدي) والأنيونات (الشق الحامضي).

وسنكتفى في دراسة التحليل الوصفي على الكشف عن الكاتيونات والأنيونات في المركبات غير العضوية.

### أ الكشف عن الأنيونات (الشق الحامضي)

يمكن تقسيم الأنيونات إلى ثلاثة مجموعات لكل منها كاشف معين وهذه المجموعات هي :

١- مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف.

٢- مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز.

٣- مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم.

### ١- مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف

وتشمل هذه المجموعة أنيونات الكربونات  $\text{CO}_3^{2-}$ ، والبيكربونات  $\text{HCO}_3^-$ ، والكبريتيت  $\text{SO}_3^{2-}$ ، والكبريتيد  $\text{S}^{2-}$ ، والنيترات  $\text{NO}_3^-$ ، والنيتريت  $\text{NO}_2^-$ . ويعتمد أساس هذا الكشف على أن حمض الهيدروكلوريك أثبت من الأحماض التي اشتقت منها هذه الأنيونات وعند تفاعل الحمض مع أملاح هذه الأنيونات فإن الحمض الأكثر ثباتاً يطرد هذه الأحماض الأقل ثباتاً والسهولة التطاير أو الانحلال على هيئة غازات يمكن التعرف عليها بالكاشف المناسب ويفضل التسخين الهين الذي يساعد على طرد الغازات. ويوضح الجدول التالي النواتج الغازية الناتجة من فعل حمض الهيدروكلوريك المخفف على هذه الأنيونات والكشف عنها.

### ١- مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف :

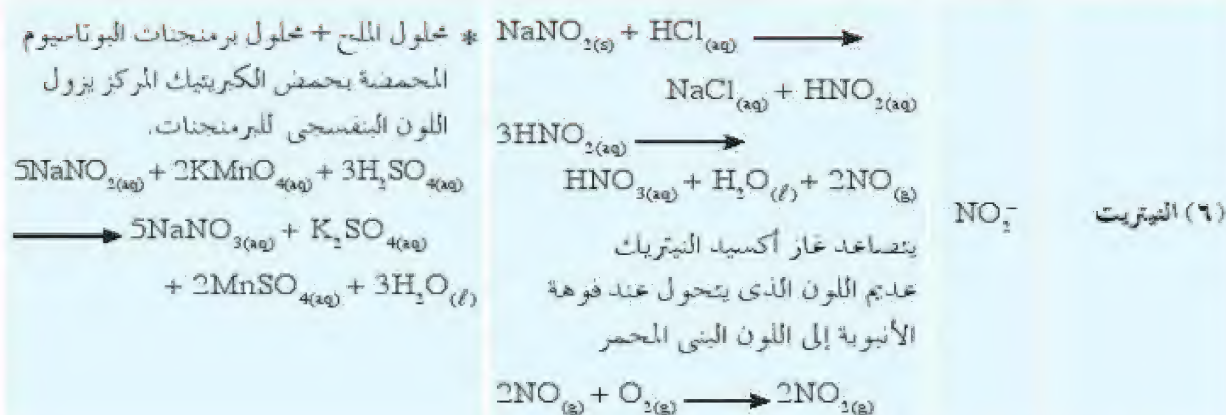
التجربة الأساسية : الملح الصلب + حمض الهيدروكلوريك المخفف

الأيون	رمزه	الغاز الناتج والكشف عنه	تجارب تأكيدية للأيون
(١) الكربونات $\text{CO}_3^{2-}$		$\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$ <p>يحدث فوران ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير الرائق.</p> $\text{CO}_{2(g)} + \text{Ca(OH)}_{2(aq)} \xrightarrow{\text{S.T}} \text{CaCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ <p>يمرر الغاز لفترة قصيرة short time حتى لا تتحول كربونات الكالسيوم إلى بيكربونات الكالسيوم فيختفي الراسب.</p>	<p>* محلول الملح + محلول كبريتات الماغنسيوم يتكون راسب أبيض على البارد يذوب في حمض الهيدروكلوريك.</p> $\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)} + \text{MgSO}_{4(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{MgCO}_{3(s)}$ $\text{MgCO}_{3(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow \text{MgCl}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$ <p><b>ملحوظة :</b> جميع كربونات الفلزات لا تذوب في الماء، عدا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم، وتذوب جميعها في الأحماض.</p>



## الباب الثاني : التحليل الكيميائي

<p>* محلول الملح + محلول كبريتات الماغنسيوم يتكوّن راسب أبيض بعد التسخين.</p> $2\text{NaHCO}_{3(aq)} + \text{MgSO}_{4(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2(aq)$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2(aq) \xrightarrow{\Delta} \text{MgCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$	<p><math>\text{NaHCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}</math></p> <p>يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير الرائق.</p> <p><b>ملحوظة</b> جميع البيكربونات قابلة للذوبان في الماء.</p>	$\text{HCO}_3^-$	(٢) البيكربونات
<p>* محلول الملح + محلول نترات الفضة يتكوّن راسب أبيض يمتد بالتسخين</p> $\text{Na}_2\text{SO}_{3(aq)} + 2\text{AgNO}_{3(aq)} \longrightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_{3(s)} + 2\text{NaNO}_{3(aq)}$	<p><math>\text{Na}_2\text{SO}_{3(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{SO}_{2(g)}</math></p> <p>يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت ذي الرائحة النفاذة والذي يخضر ورقة مبللة بمحلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز.</p> $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_{7(aq)} + 3\text{SO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3(aq) + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	$\text{SO}_3^{2-}$	(٣) الكبريتيت
<p>* محلول الملح + محلول نترات الفضة يتكوّن راسب أسود من كبريتيد الفضة</p> $\text{Na}_2\text{S}_{(aq)} + 2\text{AgNO}_{3(aq)} \longrightarrow 2\text{NaNO}_{3(aq)} + \text{Ag}_2\text{S}_{(s)}$	<p><math>\text{Na}_2\text{S}_{(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{S}_{(g)}</math></p> <p>يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين ذي الرائحة الكريهة والذي يسود ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II).</p> $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}_{(aq)} + \text{H}_2\text{S}_{(g)} \longrightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{PbS}_{(s)}$	$\text{S}^{2-}$	(٤) الكبريتيد
<p>* محلول الملح + محلول اليود يزول لون اليود البني.</p> $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + \text{I}_{2(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6(aq) + 2\text{NaI}_{(aq)}$ <p>(رباعي ثيونات الصوديوم)</p>	<p><math>\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(s) + 2\text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{SO}_{2(g)} + \text{S}_{(s)}</math></p> <p>يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت ويظهر راسب أصفر نتيجة لتعلق الكبريت في المحلول.</p>	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	(٥) الثيوكبريتات



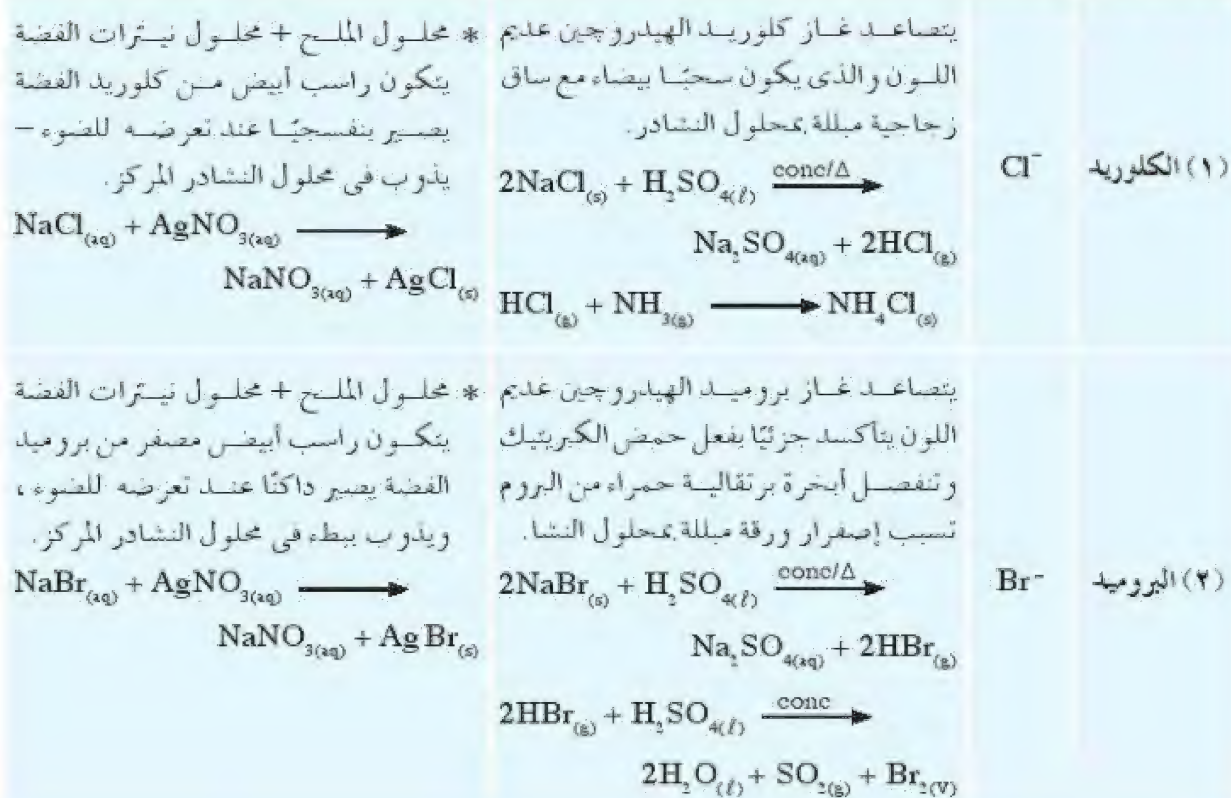
## ٢- مجموعة حمض الكبريتيك المركز

تتضمن هذه المجموعة الأنيونات الآتية :

الكلوريد ( $\text{Cl}^-$ ) - البروميدي ( $\text{Br}^-$ ) - اليوديدي ( $\text{I}^-$ ) - النيترات ( $\text{NO}_3^-$ )

يعتمد الكشف على أن حمض الكبريتيك المركز أكثر قابلية من الأحماض التي تشتق منها هذه الأنيونات. فعند إضافة حمض الكبريتيك المركز لأملاح هذه الأنيونات ثم التسخين تنفصل هذه الأحماض في صورة غازية يمكن الكشف عنها بالكواشف المناسبة.

التجربة الأساسية : الملح الصلب + حمض الكبريتيك المركز ثم التسخين إذا لزم الأمر :





## الباب الثاني : التحليل الكيميائي

<p>* محلول الملح + محلول نترات الفضة يتكون راسب أصفر من يوديد الفضة، لا يذوب في محلول النشادر.</p> $\text{NaI}_{(aq)} + \text{AgNO}_{3(aq)} \longrightarrow \text{NaNO}_{3(aq)} + \text{AgI}_{(s)}$	<p>يتصاعد غاز يوديد الهيدروجين عديم اللون يتأكسد جزء منه بسرعة بواسطة حمض الكبريتيك وتنفصل منه أبخرة اليود تظهر بلونها البنفسجي عند التسخين وتسبب زرقعة ورقة مبللة بمحلول النشا.</p> $2\text{KI}_{(s)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(l)} \xrightarrow{\text{conc}/\Delta} \text{K}_2\text{SO}_{4(aq)} + 2\text{HI}_{(g)}$ $2\text{HI}_{(g)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(l)} \xrightarrow{\text{conc}} 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{SO}_{2(g)} + \text{I}_{2(v)}$	<p>I<sup>-</sup> (٣) اليوديد</p>
<p>* اختبار الحلقة البنية</p> <p>محلول ملح النترات + محلول حديد التحضير من كبريتات الحديد II + قطرات من حمض الكبريتيك المركز تضاف بحرص على السطح الداخلي لأنبوبة الاختبار فتكون حلقة بنية عند السطح الفاصل بين الحمض ومحاليل التفاعل، تزول بالرج أو التسخين.</p> $2\text{NaNO}_{3(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(l)} \xrightarrow{\text{conc}/\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + 2\text{HNO}_{3(l)}$ $4\text{HNO}_{3(l)} \xrightarrow{\Delta} 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 4\text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ $4\text{HNO}_{3(l)} + \text{Cu}_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{\text{conc}} \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq) + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{NO}_{2(g)}$ $2\text{NaNO}_{3(aq)} + 6\text{FeSO}_{4(aq)} + 4\text{H}_2\text{SO}_{4(l)} \xrightarrow{\text{conc}} 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{NO}_{(g)}$ $\text{FeSO}_{4(aq)} + \text{NO}_{(g)} \longrightarrow \text{FeSO}_4 \cdot \text{NO}_{(s)}$ <p>مركب الحلقة البنية</p>	<p>تصاعد أبخرة من ثاني أكسيد النيتروجين نتيجة لتحلل حمض النيتريك المنفصل وتزداد كثافة الأبخرة عند إضافة قليل من خراطة النحاس.</p>	<p>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (٤) النترات</p>

### ٣- مجموعة محلول كلوريد الباريوم

« تشمل هذه المجموعة أنيونات : الفوسفات  $(PO_4^{3-})$  - والكبريتات  $(SO_4^{2-})$  أنيونات هذه المجموعة لا تتفاعل مع أيًا من حمض  $HCl$  المخفف أو حمض  $H_2SO_4$  المركز ولكن هذه الأنيونات تعطي محاليل أملاحها، راسبًا مع محلول كلوريد الباريوم  $BaCl_2$

* محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم يتكون راسب أبيض من فوسفات الباريوم يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف.	* محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم يتكون راسب أصفر من فوسفات الفضة يذوب في كل من محلول النشادر وحمض النيتريك
(١) الفوسفات $PO_4^{3-}$	(٢) الكبريتات $SO_4^{2-}$
$2Na_3PO_{4(aq)} + 3BaCl_{2(aq)} \longrightarrow Ba_3(PO_4)_2(s) + 6NaCl_{(aq)}$	$Na_3PO_{4(aq)} + 3AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 3NaNO_{3(aq)} + Ag_3PO_{4(s)}$
* محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم يتكون راسب أبيض من كبريتات الباريوم لا يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف.	* محلول الملح + محلول أسيتات الرصاص (II) يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص (II)
$Na_2SO_{4(aq)} + BaCl_{2(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$	$Na_2SO_{4(aq)} + (CH_3COO)_2Pb_{(aq)} \longrightarrow 2CH_3COONa_{(aq)} + PbSO_{4(s)}$

### ب الكشف عن الشق القاعدي في الأملاح البسيطة

يعتبر الكشف عن الشق القاعدي أكثر تعقيداً من الكشف عن الشق الحامضي وذلك لكثرة عدد الشقوق القاعدية وللتداخل فيما بينها. علاوة على إمكانية وجود الشق الواحد في أكثر من حالة تأكسد.

وكما تقسم الشقوق الحامضية إلى عدة مجموعات، تقسم أيضاً الشقوق القاعدية إلى ست مجموعات تسمى المجموعات التحليلية ولكل مجموعة من الشقوق القاعدية كاشف معين يسمى بكاشف المجموعة. ويعتمد هذا التقسيم على اختلاف ذوبان أملاح هذه الفلزات في الماء، فمثلاً كلوريدات فلزات المجموعة التحليلية الأولى وهي كلوريدات الفضة (I) والنشيق (I) والرصاص (II) شحيحة الذوبان في الماء، لذا ترسب هذه الفلزات على هيئة كلوريدات بإضافة كاشف المجموعة وهو حمض الهيدروكلوريك المخفف. وسوف نتناول أمثلة من بعض هذه المجموعات التحليلية الست.

### المجموعة التحليلية الثانية :

يمكن ترسيب كاتيونات المجموعة التحليلية الثانية على هيئة كبريتيدات في الوسط الحامضي. ويتم ذلك بإذابة الملح في الماء وإضافة حمض هيدروكلوريك مخفف ليصير المحلول حامضياً ثم يمرر فيه غاز كبريتيد الهيدروجين - أحد كاتيونات هذه المجموعة أيون النحاس (II).

### الكشف عن أيون النحاس (II) :

محلول ملح النحاس (II) + كاشف المجموعة  $(HCl + H_2S)$  يتكون راسب أسود من كبريتيد النحاس (II) يذوب في حمض النيتريك الساخن.





## الباب الثاني : التحليل الكيميائي

### المجموعة التحليلية الثالثة :

ترسب كاتيونات هذه المجموعة على هيئة هيدروكسيدات بإضافة هيدروكسيد الأمونيوم وذلك عندما لا تكون مختلطة بكاتيونات أخرى. وسندرس من كاتيونات هذه المجموعة التحليلية كاتيونات الألومنيوم والحديد (II)، والحديد (III).

التجربة الأساسية : محلول الملح + كاشف المجموعة (هيدروكسيد الأمونيوم).

الكاتيون	تفاعله مع كاشف المجموعة	تجارب تأكيدية
الألومنيوم $Al^{3+}$	$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$ <p>يتكون راسب أبيض جيلاتيني من هيدروكسيد الألومنيوم يذوب في الأحماض المخففة وفي محلول الصودا الكاوية.</p>	<p>* محلول الملح + محلول هيدروكسيد الصوديوم يتكون راسب أبيض جيلاتيني من هيدروكسيد الألومنيوم يذوب في زفرة من هيدروكسيد الصوديوم مكوناً ميتا ألومينات الصوديوم.</p> $Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$ $Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaAlO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$
الحديد (II) $Fe^{2+}$	$FeSO_{4(aq)} + 2NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow (NH_4)_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$ <p>يتكون راسب أبيض يتحول إلى أبيض مخضر بالتعرض للهواء و يذوب في الأحماض.</p>	<p>* محلول الملح + محلول هيدروكسيد الصوديوم يتكون راسب أبيض مخضر من هيدروكسيد الحديد (II).</p> $FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$
الحديد (III) $Fe^{3+}$	$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$ <p>يتكون راسب جيلاتيني لونه بني مخمر يذوب في الأحماض.</p>	<p>* محلول الملح + محلول هيدروكسيد الصوديوم يتكون راسب بني مخمر من هيدروكسيد الحديد (III).</p> $FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3NaCl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$

ترسب كاتيونات هذه المجموعة على هيئة كربونات بإضافة محلول كربونات الأمونيوم.  
وسوف ندرس من كاتيونات هذه المجموعة كاتيون الكالسيوم.

التجربة الأساسية : محلول الملح + كاشف المجموعة (محلول كربونات الأمونيوم).

الكاتيون	تفاعله مع كاشف المجموعة	تجارب تأكيدية
الكالسيوم $Ca^{2+}$	$CaCl_{2(aq)} + (NH_4)_2CO_{3(aq)} \longrightarrow 2NH_4Cl_{(aq)} + CaCO_{3(s)}$	(١) محلول الملح + حمض كبريتيك مخفف يتكون راسب أبيض من كبريتات الكالسيوم.
	$CaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2HCl_{(aq)} + CaSO_{4(s)}$	يتكون راسب أبيض من كربونات الكالسيوم يذوب في حمض HCl المخفف ويذوب أيضًا في الماء المحتوي على $CO_2$
	$CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \longrightarrow Ca(HCO_3)_{2(aq)}$	(٢) الكشف الجاف : كاتيونات الكالسيوم المتطايرة تُكسب لهب بنزن لون أحمر طوبى.



## ثانياً: التحليل الكمي : Quantitative analysisc

### ١ - التحليل الحجمي : Volumetric Analysis

تعتمد هذه الطريقة على قياس حجوم المواد المراد تقديرها وفى هذا النوع من التحاليل فإن حجماً معلوماً من المادة المراد تحديد تركيزها يضاف إليه محلول من مادة معلومة التركيز حتى يتم التفاعل الكامل بين المادتين . ويعرف المحلول معلوم التركيز بالمحلول القياسي . وتعرف عملية تعيين تركيز حمض أو (قاعدة) بمعلومية الحجم اللازم منه للتعاادل مع قاعدة أو (حمض) معلوم الحجم والتركيز بالمعايرة

ولاختيار المحلول القياسى يجب معرفة التفاعل المناسب الذى يتم بين محلولي المادتين . وهذه التفاعلات قد تكون :

- (١) - تفاعلات تعادل وتستخدم فى تقدير الأحماض والقواعد .
- (٢) - تفاعلات أكسدة واختزال وتستخدم فى تقدير المواد المؤكسدة والاختزلة .
- (٣) - تفاعلات الترسيب وتستخدم فى تقدير المواد التى يمكن أن تعطى نواتج شحيحة الذوبان فى الماء .

فإذا كانت المادة المراد تقديرها حامضاً يستخدم فى المعايرة محلول قياسي من قلوى أو قاعدة (هيدروكسيد صوديوم أو كربونات صوديوم) وإذا كانت المادة المراد تقديرها ذات خصائص قاعدية يستخدم محلول قياسي معلوم التركيز من الحمض لمعايرتها وهكذا . وللتعرف على نقطة نهاية التفاعل (End Point) وهى النقطة التى يتم عندها تمام تفاعل التعادل بين الحمض والقاعدة وتستخدم أدلة Indicators لتحديد نقطة نهاية التفاعل بتغير لونها بتغيير وسط التفاعل.

ويبين الجدول الآتي بعض الأدلة المستخدمة في تفاعلات التعادل شكل (٢ - ١) :

الدليل	اللون في الوسط الحامضي	اللون في الوسط القاعدي	اللون في الوسط المتعادل
الميثيل البرتقالي	أحمر	أصفر	برتقالي
الفينولفثالين	عديم اللون	أحمر	عديم اللون
عباد الشمس	أحمر	أزرق	أرجواني
أزرق بروموثيمول	أصفر	أزرق	أخضر فاتح



شكل (٢ - ١)

ويمكن إيضاح ذلك في تقدير محلول من هيدروكسيد

الصوديوم مجهول التركيز بالمعايرة مع محلول قياسي معلوم

التركيز (0.1mol/L) من حمض الهيدروكلوريك حيث

ينقل حجم معلوم ( 25m L ) من محلول القلوي إلى دورق

مخروطي باستخدام ماصة ويضاف إليه قطرتين من

محلول دليل مناسب (محلول عباد الشمس أو أزرق

بروموثيمول) وتملئ السحاحة بالمحلول القياسي من حمض الهيدروكلوريك. يضاف محلول الحمض

بالتدريج إلى المحلول القلوي شكل (٢-٢) حتى يتغير لون الدليل مشيراً إلى نهاية التفاعل (نقطة

التعادل) الذي يمكن تمثيله على النحو التالي



فإذا كان حجم الحمض المضاف من السحاحة حتى نقطة تمام التفاعل هو 21mL

$$\frac{\text{الحجم} \times \text{التركيز}}{1000} = \text{فإن عدد المولات من الحمض المضاف}$$

عملية المعايرة

شكل (٢ - ٢)





## الباب الثاني : الإلتزان الكيميائي

$$\frac{21 \times 0.1}{1000} = 2.1 \times 10^{-3} \text{ mol.}$$

وهذا يعنى أن عدد المولات من هيدروكسيد الصوديوم الموجودة فى 25ml من المحلول

$$2.1 \times 10^{-3} \text{ mol.} =$$

$$\frac{2.1 \times 10^{-3} \times 1000}{25} = \text{عدد المولات الموجودة فى اللتر} = 0.084 \text{ mol/L}$$

وبالتالى فإن تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم = 0.084 mol/L

ولتبسيط طريقة الحساب تستخدم العلاقة :

$$\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$

حيث :  $M_a$  = تركيز الحمض المستخدم (mol/L)

$V_a$  = حجم الحمض المستخدم فى المعايرة (ml)

$n_a$  = عدد المولات من الحمض فى معادلة التفاعل المتزنة

$M_b$  = تركيز القلوى المستخدم (mol/L)

$V_b$  = حجم القلوى المستخدم فى المعايرة (ml)

$n_b$  = عدد المولات من القلوى فى معادلة التفاعل المتزنة

هيدروكسيد حمض

وفى المثال السابق فإن : الصوديوم الهيدروكلوريك

$$\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$

$$\frac{0.1 \times 21}{1} = \frac{M_b \times 25}{1}$$

$$M_b = \frac{21 \times 0.1}{25} = 0.084 \text{ mol/L}$$

مثال (١) :

أجريت معايرة 20 ml من محلول هيدروكسيد الكالسيوم  $[Ca(OH)_2]$  باستخدام حمض هيدروكلوريك 0.5 mol/L وعند تمام التفاعل استهلك 25 ml من الحمض . احسب التركيز المولاري لهيدروكسيد الكالسيوم (mol/L)

الحل



هيدروكسيد الكالسيوم حمض هيدروكلوريك

$$\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$

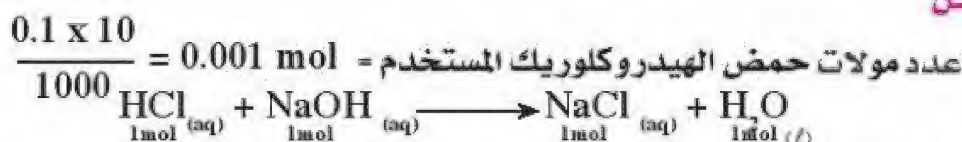
$$\frac{0.5 \times 25}{2} = \frac{M_b \times 20}{1}$$

$$M_b = \frac{25 \times 0.5}{2 \times 20} = 0.3125 \text{ mol/L} = M_b \text{ تركيز هيدروكسيد الكالسيوم}$$

مثال (٢) :

مخلوط من مادة صلبة يحتوى على هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد الصوديوم . لزم لمعايرة 0.1 g منه حتى تمام التفاعل 10 ml من حمض هيدروكلوريك 0.1 mol/L . احسب النسبة المئوية لهيدروكسيد الصوديوم في المخلوط .

الحل



ومن المعادلة المتزنة نجد أن 1 مول من هيدروكسيد الصوديوم يتفاعل مع 1 مول من حمض

الهيدروكلوريك وبذلك فإن : عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم = 0.001 mol

الكتلة المولية من هيدروكسيد الصوديوم  $NaOH = 40 \text{ g/mol}$

كتلة هيدروكسيد الصوديوم في المخلوط =  $0.04 \text{ g} = 40 \times 0.001$

نسبة هيدروكسيد الصوديوم في المخلوط =  $40\% = \frac{0.04}{0.1} \times 100$



## ٢ - التحليل الكمي الكتلي : Quantitative analysis

يعتمد التحليل الكتلي على فصل المكون المراد تقديره . ثم تعيين كتلته وباستخدام الحساب الكيميائي يمكن حساب كميته . ويتم فصل هذا المكون بإحدى طريقتين :

أ- طريقة التطاير

ب- طريقة الترسيب

### (أ) طريقة التطاير : Volatilization

تبنى هذه الطريقة على أساس تطاير العنصر أو المركب المراد تقديره وتجرى عملية التقدير أما بجمع المادة المتطايرة وتعيين كتلتها أو بتعيين مقدار النقص في كتلة المادة الأصلية .

مثال محلول :

إذا كانت كتلة عينة من ملح كلوريد الباريوم المتهدرت  $\text{BaCl}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$  هي 2.6903 g ، وسخنت تسخيناً شديداً إلى أن ثبتت كتلتها فوجدت 2.2923 g . احسب النسبة المئوية لماء التبخر من الكلوريد المتهدرت ، ثم أوجد الصيغة الجزيئية للملح المتهدرت .  
(O = 16 , H=1 , Cl = 35,5 , Ba = 137)

الحل :

$$\text{كتلة ماء التبخر} = 2.6903 - 2.2923 = 0.3989 \text{ g}$$

أي أن 2.2923 g كلوريد باريوم غير متهدرت ترتبط مع 0.398 g ماء تبخر

$$\therefore \text{النسبة المئوية الكتلية لماء التبخر} = \frac{100 \times 0.398}{2.6903} = 14.79\%$$

$\therefore$  الكتلة المولية  $\text{BaCl}_2 = (137 + 71) = 208 \text{ g/mol}$  ترتبط مع (س) جم ماء تبخر

$$\therefore \text{س ( كتلة ماء التبخر )} = \frac{0.398 \times 208}{2.2923} = 36.114 \text{ g}$$

$\therefore$  الكتلة الجزيئية للماء =  $(1 \times 2) + (16 \times 1) = 18 \text{ g/mol}$

$$\therefore \text{عدد مولات جزيئات ماء التبخر} = \frac{36.114}{18} = 2.006 \text{ mol}$$

$\therefore$  الصيغة الجزيئية لكلوريد الباريوم المتهدرت هي  $(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$

### (ب) طريقة الترسيب : Precipitation

و تعتمد هذه الطريقة على ترسيب العنصر أو المكون المراد تقديره على هيئة مركب نقي شحيح الذوبان في الماء وذو تركيب كيميائي معروف وثابت . ويفصل هذا المركب عن المحلول بالترشيح على ورقة ترشيح عديمة الرماد (نوع من ورق الترشيح يحترق احتراقاً كاملاً ولا يترك أي رماد ) . وتنقل ورقة الترشيح وعليها الراسب في بوتقة احتراق وتحرق تماماً حتى تتطاير مكونات ورقة الترشيح ويبقى الراسب . ومن كتلة الراسب يمكن تحديد كتلة العنصر أو المركب . مثال ذلك ترسيب الباريوم على صورة كبريتات باريوم .

#### مثال محلول :

أضيف محلول كبريتات الصوديوم إلى محلول من كلوريد الباريوم حتى تمام ترسيب كبريتات الباريوم وتم فصل الراسب بالترشيح والتجفيف فوجد أن كتلته = 2 g .

احسب كتلة كلوريد الباريوم في المحلول .

$$(O = 16 , S = 32 , Cl = 35.5 , Ba = 137 )$$

#### الحل :

يجب كتابة معادلة التفاعل موزونة ثم تحسب الكتل المولية للمواد المطلوب إيجاد العلاقة بينها وهي هنا كلوريد وكبريتات الباريوم



(1mol)

208g

—————> 233g

xg

—————> 2g

$$1.785g = \frac{2 \times 208}{233} = \text{كتلة كلوريد الباريوم (x)} \therefore$$



### التقويم

١ - وضع بالمعادلات الرمزية المتزنة كيف تميز عمليا بين كل زوج من الأملاح الآتية :

أ - كبريتيت الصوديوم - كبريتات الصوديوم

ب - كلوريد حديد (II) - كلوريد الحديد (III)

ج - نيتريت الصوديوم - نيترات الصوديوم

د - كلوريد الصوديوم - كلوريد الألومنيوم

٢ - أذكر اسم وصيغة الشق الحامض أو القاعدي الذى أعطى النتائج التالية عند الكشف عنه :

أ - محلول الملح + محلول هيدروكسيد الصوديوم تكون راسب أبيض مخضر

ب - محلول الملح + محلول كبريتات الماغنسيوم تكون راسب أبيض بعد التسخين

ج - محلول الملح + محلول نيترات الفضة تكون راسب أصفر لا يذوب فى محلول النشادر

٣ - أذكر استخدما واحدا لكل من الكواشف التالية مع توضيح إجابتك بالمعادلات الرمزية :

أ - هيدروكسيد الأمونيوم      ب - كلوريد الباريوم

ج - نيترات الفضة      د - برمنجنات البوتاسيوم المحمضة

٤ - تخير رقم الإجابة الصحيحة فى الحالات الآتية :

أ - محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم يتكون راسب أبيض لا يذوب فى الأحماض :

أ - نيترات      ب - فوسفات      ج - كبريتات      د - نيتريت

ب - محلول الملح + محلول أسيتات الرصاص (II) يتكون راسب أسود :

أ - كبريتات      ب - نيترات      ج - فوسفات      د - كبريتيد

ج - محلول الملح + محلول هيدروكسيد الصوديوم يتكون راسب بنى محمر :

أ - نحاس (II)      ب - حديد (III)      ج - ألومنيوم      د - حديد (II)

د - الملح الصلب + حمض هيدروكلوريك يتصاعد غاز نفاذ الرائحة ويتكون راسب أصفر :

أ - كبريتيد      ب - كربونات      ج - ثيو كبريتات      د - كبريتيت

٥ - علل ما يأتى موضحا إجابتك بالمعادلات الرمزية كلما أمكن :

أ - يظهر راسب أبيض جيلاتينى ثم يختفى عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم بالتدريج لمحلول كلوريد الألومنيوم .

ب - لا يصلح حمض الهيدروكلوريك المخفف للتمييز بين ملح كربونات وبيكربونات الصوديوم.

- ج - يزول اللون البنفسجي لمحلول برمنجانات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك عند إضافة محلول نيتريت البوتاسيوم
- د - تسود ورقة ترشيح مبللة بمحلول أستيات الرصاص (II) عند تعرضها لغاز كبريتيد الهيدروجين
- هـ - تتصاعد أبخرة بنفسجية عند تفاعل حمض الكبريتيك المركز مع يوديد البوتاسيوم والتسخين
- ٦ - تخير من القسم (أ) المناسب لكل شق من القسم (ب) : عند إضافة محلول نترات الفضة إلى محاليل بعض الأنيونات يتكون راسب :

(ب)	(أ)
الفوسفات	١- أسود لا يذوب في حمض النيتريك
البروميد	٢- أبيض لا يذوب في حمض النيتريك المخفف
الكلوريد	٣- أبيض مصفر لا يذوب في حمض النيتريك المخفف
الكبريتيد	٤- أصفر يذوب في حمض النيتريك المخفف
	٥- أصفر لا يذوب في حمض النيتريك المخفف

- ٧ - عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محاليل ثلاث أملاح من الكلوريدات يتكون في :

الأول : راسب أبيض جيلاتيني

الثاني : راسب بني محمر

الثالث : راسب أبيض مخضر

ثم أذكر الشق القاعدي للأملاح الثلاث وأكتب معادلات التفاعل

- ٨ - أضيف حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ثلاث أملاح صلبة فأمكن ملاحظة الظواهر الآتية علما بأن الأملاح الثلاث أملاح لفلز الصوديوم

الأول : تصاعد غاز نفاذ الرائحة يسبب إضرار ورقة ترشيح مبللة بمحلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز

الثاني : تصاعد غاز عديم اللون يتحول قرب فوهة الأنبوبة إلى غاز بني محمر

الثالث : تصاعد غاز عديم اللون نفاذ الرائحة وتعلق مادة صفراء

أذكر الشق الحمضي للأملاح الثلاث وأكتب معادلات التفاعل



## الباب الثانى : الإلتزان الكيميائى

- ٩- أجريت معايرة لمحلول هيدروكسيد الصوديوم (25ml) مع حمض الكبريتيك (0.1mol/L) فكان حجم الحمض المستهلك عند نقطة النهاية هي (8ml) . أحسب تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم .
- ١٠ - أحسب حجم حمض الهيدروكلوريك (0.1mol/L) اللازم لمعايرة (20ml) من محلول كربونات الصوديوم (0.5mol/L) حتى تمام التفاعل .
- ١١ - أوجد كتلة هيدروكسيد الصوديوم المذابة فى (25ml) والتي تستهلك عند معايرة (15ml) من حمض الهيدروكلوريك (0.1mol/L)
- ١٢ - أذيب 2 جرام من كلوريد الصوديوم (غير النقي) فى الماء وأضيف إليه وفرة من نترات الفضة فترسب 4.628g من كلوريد الفضة . أحسب نسبة الكلور فى العينة .

# الباب الثالث

## الاتزان الكيميائي



### الأهداف

في نهاية دراسة الطالب لباب الاتزان الكيميائي ينبغي أن يكون قادراً على أن :

- يعرف النظام المتزن .
- يوضح العوامل التي تؤثر في معدل التفاعل الكيميائي .
- يكتب نص قانون فعل الكتلة .
- يطبق قانون فعل الكتلة على التفاعلات المتزنة ويحسب ثابت الاتزان .
- يعدد العوامل التي تؤثر على حالة الاتزان .
- يكتب نص قاعدة لوشاتيليه .
- يجري بعض الحسابات المتعلقة بالاتزان الكيميائي .
- يوضح مفهوم الاتزان الأيوني .
- يشرح تأين الماء والحاصل الأيوني للماء .
- يوضح مفهوم الأس الهيدروجيني «الرقم الهيدروجيني» ودلالته على المحاليل المائية .
- يشرح مفهوم التميؤ «التحلل المائي» .
- يوضح مفهوم حاصل الإذابة وتطبيقاته .
- يجري بعض الحسابات المتعلقة بالاتزان الكيميائي .
- يقدر عظمة الخالق في الدقة المتناهية لخلق الكون .
- يقدر جهود العلماء في تقدم علم الكيمياء .

الاتزان الكيميائي  
Chemical Equilibrium

**النظام المتزن** هو نظام ساكن على المستوى المرئى ونظام ديناميكي على المستوى غير المرئى . فإذا وضعت كمية من الماء فى إناء مغلق على موقد نشاهد حدوث عمليتين متضادتين أو متعاكستين هما عمليتا التبخير والتكثيف، فى بداية التسخين يكون معدل تبخير الماء هى العملية السائدة يصحبها زيادة فى الضغط البخارى (هو ضغط بخار الماء الموجود فى الهواء عند درجة حرارة معينة) وتستمر عملية التبخير حتى يتساوى الضغط البخارى مع ضغط بخار الماء المشبع (وهو أقصى ضغط لبخار الماء يمكن أن يتواجد فى الهواء عند درجة حرارة معينة).

وبذلك تحدث حالة اتزان بين سرعة التبخير وسرعة التكثيف ويكون عندها عدد جزيئات الماء التى تتبخر مساو لعدد جزيئات البخار التى تتكثف .



وكما يحدث اتزان فى الأنظمة الفيزيائية يحدث أيضا اتزان فى العديد من التفاعلات الكيميائية ويمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية إلى نوعين هما :

- ١- تفاعلات تامة (غير انعكاسية) .
- ٢- تفاعلات انعكاسية .

(١) التفاعلات التامة Complete Reactions

فى هذا النوع تسير التفاعلات فى اتجاه واحد غالبا (الاتجاه الطردى تقريبا) حيث يصعب على المواد الناتجة التى تحتوى على غاز أو راسب أن تتحد مع بعضها مرة أخرى لتكوين المواد المتفاعلة فى نفس ظروف إجراء التفاعل. ومن أمثلة التفاعلات التامة :

أ- عند إضافة محلول كلوريد الصوديوم إلى محلول نترات الفضة نلاحظ تكون راسب أبيض من كلوريد الفضة.





ب - إذا وضع شريط من الماغنسيوم في محلول حمض هيدروكلوريك يتصاعد غاز الهيدروجين .

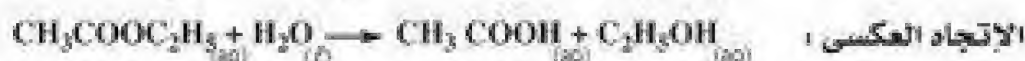


### (٢) التفاعلات الانعكاسية Reversible Reactions:

عند تعادل مول من حمض الخليك مع مول من الكحول الايثيلي فإن التوقع من معادلة التفاعل الآتية تكون مول من الأستر (أستات الإيثيل) ومول من الماء .



ولكن إذا اختبرنا محلول التفاعل بورقة عباد الشمس زرقاء نجدها تحمر رغم أن المواد الناتجة من التفاعل متعادلة التأثير على عباد الشمس . فما سبب هذه الحموضة إذن ؟  
التفاعل السابق ليس من التفاعلات التامة والتي تسير في اتجاه تكوين النواتج فقط  
و يعتبر من التفاعلات المنعكسة التي تسير في كلا الاتجاهين الطردى والعكسى .

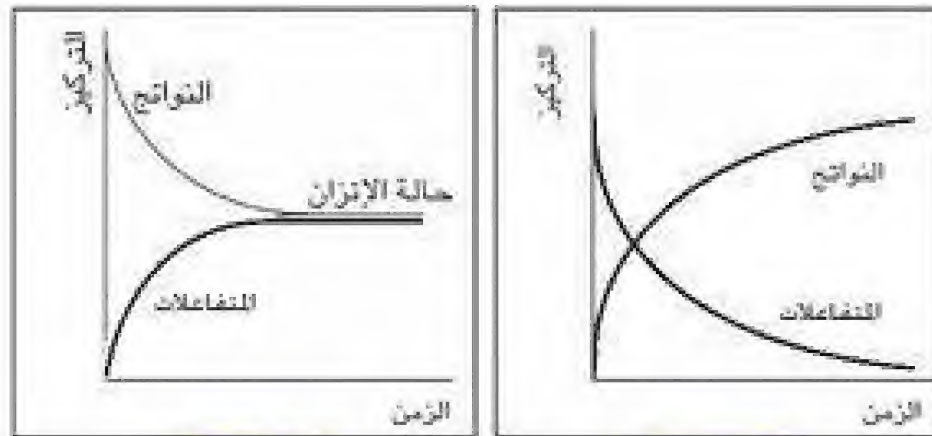


وبالتالى فإن المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل تكون موجودة باستمرار في حيز التفاعل عند الإتزان وهذا يفسر حموضة خليط التفاعل لوجود حمض الخليك .

**الاتزان الكيميائي في التفاعلات الانعكاسية** : هو نظام ديناميكي يحدث عندما يتساوى معدل التفاعل الطردى مع معدل التفاعل العكسى وتثبت تراكيزات المتفاعلات والنواتج ويظل الاتزان قائماً طالما كانت جميع المواد المتفاعلة والناتجة موجودة في وسط التفاعل (لم يتصاعد غاز ولم يتكون راسب) وما دامت ظروف التفاعل مثل درجة الحرارة أو الضغط ثابتة .

## معدل التفاعل الكيميائي Rate of Chemical Reaction

تقاس سرعة التفاعل الكيميائي بتغير تركيز المواد المتفاعلة في وحدة الزمن ويعبر عن وحدات التركيز بالمول في كل لتر من المحلول وعن الزمن بالدقائق أو الثواني . وأثناء حدوث التفاعل الكيميائي التام نسبياً يقل تركيز المواد المتفاعلة إلى أن تستهلك تقريباً ويزداد تركيز المواد الناتجة من التفاعل شكل (٢ - ٣) . أما في حالة التفاعلات الانعكاسية فإن زيادة تركيز المواد الناتجة وقلة تركيز المواد المتفاعلة يستمران إلى أن يصلا إلى حالة اتزان شكل (٢ - ٣) .



شكل (٢ - ٣)

شكل (١ - ٣)

ومن التفاعلات الكيميائية ما ينتهي نسبياً في وقت قصير جداً وهي التفاعلات اللحظية تقريباً مثل تفاعل نترات الفضة مع كلوريد الصوديوم حيث ينتج راسب شحيح الذوبان من كلوريد الفضة الأبيض بمجرد خلط المواد المتفاعلة .

وهناك تفاعلات معدلها ببطء نسبياً مثل تفاعل الزيوت النباتية مع الصودا الكاوية لتكوين الصابون والجليسرين وهناك تفاعلات يتطلب حدوثها شهوراً عديدة مثل تفاعل تكوين صدأ الحديد .

### العوامل التي تؤثر على معدل (سرعة) التفاعل الكيميائي :

تتأثر سرعة التفاعل الكيميائي بعدد من العوامل هي :

- ١- طبيعة المواد المتفاعلة .
- ٢- تركيز المواد المتفاعلة .
- ٣- درجة حرارة التفاعل .
- ٤- الضغط .



٥- العوامل الحفازة .

٦- الضوء .

(١) **طبيعة المواد المتفاعلة : يقصد بطبيعة المواد المتفاعلة عاملان مهمان هما :**

أ- نوع الترابط في المواد المتفاعلة :

عندما تكون المواد المتفاعلة أيونية مثل تفاعل محلول كلوريد الصوديوم مع محلول نترات الفضة فإن هذه التفاعلات تكون لحظية وسريعة جدا لأن أيونات المواد المتفاعلة تتفاعل بسرعة بمجرد خلطها. أما التفاعلات التي تتم بين المواد المرتبطة بالروابط التساهمية مثل التفاعلات العضوية فتكون بطيئة عادة

ب- مساحة السطح المعرض للتفاعل :

تلعب درجة تجزئة المادة دوراً مهماً في زيادة سرعة التفاعل، فإذا أحضرت كتلتين متساويتين من فلز الخارصين أحدهما على هيئة مسحوق والأخرى عبارة عن كتلة واحدة ووضعت كلا على حدة في أنبوبة اختبار وأضفت إلى كل أنبوبة حجمين متساويين من حمض الهيدروكلوريك المخفف فإنك تشاهد أن التفاعل في حالة المسحوق ينتهي في وقت أقل من التفاعل في حالة الكتلة الواحدة . أي أنه كلما زادت مساحة السطح المعرض للتفاعل بين المواد المتفاعلة كلما كان معدل التفاعل أسرع .

(٢) **تركيز المواد المتفاعلة :**

كلما زاد عدد الجزيئات المتفاعلة (أي كلما زاد التركيز) زادت فرص التصادم وزادت سرعة التفاعل .

وقد أوجد العالمان النرويجيان جولدبيرج Guldberg وهاج Waage القانون الذي يعبر عن العلاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتركيز المواد المتفاعلة وهو ما يعرف بقانون فعل الكتلة .

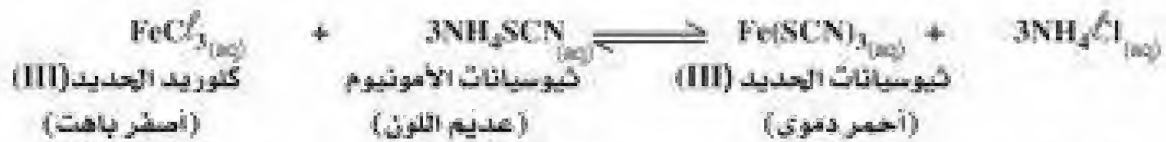
**قانون فعل الكتلة Law of Mass Action**

يتناول هذا القانون تأثير التركيز على معدل التفاعل وينص على :

عند ثبوت درجة الحرارة تتناسب سرعة التفاعل الكيميائي تناسباً طردياً مع حاصل ضرب التركيزات الجزيئية لمواد التفاعل (كل مرفوع لأس يساوي عدد مولات الجزيئات أو الأيونات في معادلة التفاعل الموزونة).

ولتوضيح قانون فعل الكتلة يمكنك إجراء التجربة الآتية :

عند إضافة محلول كلوريد الحديد (III) ( ذو اللون الأصفر الباهت ) تدريجياً إلى محلول ثيوسيانات الأمونيوم (عديم اللون) يصبح لون خليط التفاعل أحمر دموي لتكون ثيوسيانات الحديد (III) ويمكن تمثيل التفاعل بالآتزان التالي :



فإذا أضيف مزيداً من كلوريد الحديد (III) نجد أن لون المحلول يزداد احمراراً مما يدل على تكوين مزيد من ثيوسيانات الحديد (III) .

وعندما يتساوى معدل التفاعل العكسي ( $r_2$ ) والطردي ( $r_1$ ) في التفاعل السابق فإن التفاعل يكون قد وصل إلى حالة اتزان . ويعبر عن كلا المعدلين للتفاعل بما يأتي :

$$r_1 \propto [\text{FeCl}_3] [\text{NH}_4\text{SCN}]^3$$

$$r_1 = k_1 [\text{FeCl}_3] [\text{NH}_4\text{SCN}]^3$$

$$r_2 \propto [\text{Fe}(\text{SCN})_3] [\text{NH}_4\text{Cl}]^3$$

$$r_2 = k_2 [\text{Fe}(\text{SCN})_3] [\text{NH}_4\text{Cl}]^3$$

والأقواس المستطيلة [ ] تدل على التركيزات بوحدة (Mol/L) أما  $k_1$  ,  $k_2$  فهما ثابتا

معدل التفاعل الطردي والعكسي على الترتيب وعند الاتزان يتساوى معدل التفاعلين .

$$r_1 = r_2$$

$$k_1 [\text{FeCl}_3] [\text{NH}_4\text{SCN}]^3 = k_2 [\text{Fe}(\text{SCN})_3] [\text{NH}_4\text{Cl}]^3$$

$$\frac{k_1}{k_2} = K_c = \frac{[\text{Fe}(\text{SCN})_3] [\text{NH}_4\text{Cl}]^3}{[\text{FeCl}_3] [\text{NH}_4\text{SCN}]^3}$$

وخارج قسمة  $\frac{k_1}{k_2}$  مقدار ثابت يرمز له بالرمز  $K_c$  ويعرف بثابت الاتزان لهذا التفاعل .



## الباب الثالث : الإتزان الكيميائي

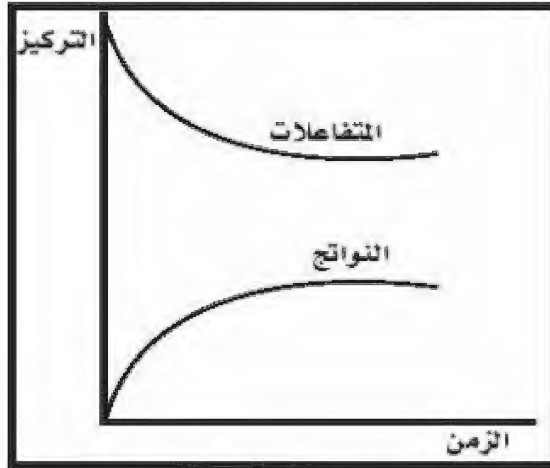
مثال : احسب ثابت الاتزان للتفاعل



إذا علمت أن تركيزات اليود والهيدروجين ويوديد الهيدروجين عند الاتزان هي على

الترتيب 1.563 , 0.221 , 0.221 mol/L

الحل :



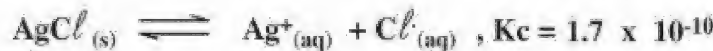
شكل (٣ - ٣)

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

$$K_c = \frac{(1.563)^2}{0.221 \times 0.221} = 50$$

ويلاحظ ما يلي :

- (أ) القيم الصغيرة لثابت الاتزان ( $K_c < 1$ ) تعنى أن حاصل ضرب تركيز النواتج (في البسط) أقل من حاصل ضرب تركيز المواد المتفاعلة (في المقام) (كل مرفوع لأس عدد مولاته) مما يعنى أن التفاعل لا يسير بشكل جيد نحو تكوين النواتج وأن التفاعل العكسى له دور فعال . شكل (٣ - ٣) .  
مثال ذلك ذوبانية كلوريد الفضة في الماء :



- قيمة  $K_c$  في التفاعل السابق تدل على أن كلوريد الفضة شحيح الذوبان في الماء .  
(ب) القيم الكبيرة لثابت الاتزان ( $K_c > 1$ ) تعنى أن التفاعل يستمر إلى قرب نهايته . أى أن التفاعل الطردى هو السائد تقريباً ، مثال لذلك تفاعل الكلور مع الهيدروجين :



- (ج) لا يكتب تركيز الماء النقى كمذيب أو المواد الصلبة أو الرواسب في معادلة حساب ثابت الإتزان حيث أنها تعتبر ذات تركيز ثابت بوجه عام مهما اختلفت كميتها لأن قيمتها لا تتغير بدرجة ملموسة .

- (د) القيمة العددية لثابت الإتزان لا تتغير بتغير تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة عند نفس درجة الحرارة .

### (٢) تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل :

يمكن تفسير تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي في ضوء نظرية التصادم التي تفترض أنه يشترط لحدوث التفاعل الكيميائي أن تصطدم جزيئات المواد المتفاعلة بحيث تكون الجزيئات المتصادمة ذات السرعات العالية جداً فقط هي التي تتفاعل لأن طاقتها الحركية العالية تمكنها من كسر الروابط بين الجزيئات فيحدث التفاعل الكيميائي. وعلى ذلك لابد أن يمتلك الجزيء حد أدنى من الطاقة الحركية لكي يتفاعل عند الاصطدام ، ويسمى هذا الحد الأدنى بطاقة التنشيط .

وتعرف **طاقة التنشيط** : بأنها الحد الأدنى من الطاقة التي يجب أن يمتلكها الجزيء لكي يتفاعل عند الاصطدام . وتسمى الجزيئات ذات الطاقة الحركية المساوية لطاقة التنشيط أو تفوقها بالجزيئات المنشطة . ونستنتج من هذه النظرية أن زيادة درجة الحرارة يزيد نسبة الجزيئات المنشطة وبالتالي يزيد معدل التفاعل الكيميائي . وقد وجد أن كثيراً من التفاعلات الكيميائية تتضاعف سرعتها تقريباً إذا ارتفعت درجة الحرارة بمقدار عشر درجات مئوية .

### تجربة لايضاح تأثير درجة الحرارة على سرعة تفاعل متزن :

- إذا أحضرنا دورق زجاجي يحتوي غاز ثاني أكسيد النيتروجين المعروف بلونه البنّي المحمر ووضعناه في إناء به مخلوط مبرد ، نجد أن حدة اللون تخف تدريجياً حتى يزول اللون البنّي المحمر شكل (٣ - ٤)



شكل (٣ - ٤)

وإذا أخرج الدورق من المخلوط المبرد ثم ترك ليعود إلى درجة حرارة الغرفة (25 °C) نجد أن اللون البنّي المحمر يبدأ في الظهور ولا يلبث أن يعود إلى ما كان عليه وتزداد درجة



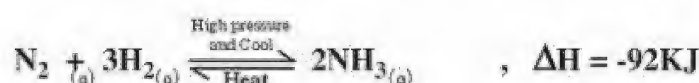
اللون كلما ارتفعت درجة الحرارة ويمكن تمثيل ما حدث بالإتزان التالي :



نستنتج من التجربة السابقة أن إزاحة (امتصاص) الحرارة من تفاعل متزن طارد للحرارة ينتج عنها سير التفاعل في الاتجاه الطردى الذى ينتج فيه حرارة .

#### ٤- تأثير الضغط :

تجدر الإشارة إلى أن تركيز المواد في المحاليل يعبر عنها عادة بالمولارية ويتم التعبير عنها بوضع المادة بين قوسين مربعين [ ] أما إذا كانت المواد الداخلة في التفاعل أو الناتجة منه في الحالة الغازية فإن التعبير عن التركيز يتم عادة باستخدام ضغطها الجزئى . وعلى سبيل المثال يحضر غاز النشادر في الصناعة من عنصريه طبقاً للتفاعل التالي :



نلاحظ أن ، 4 mol من الجزيئات تتفاعل لينتج 2 mol من جزيئات النشادر أى أن تكوين النشادر يكون مصحوباً بنقص في عدد المولات، وبالتالي ينقص في الحجم، وقد وجد أنه بالضغط والتبريد يزداد معدل تكون غاز النشادر. نستنتج من المثال السابق أن زيادة الضغط أو التبريد على تفاعل غازى متزن تجعله ينشط في الاتجاه الذى يقل فيه الحجم.

ويعبر عن ثابت الاتزان في التفاعلات الغازية (مثل تفاعل تحضير غاز النشادر من عنصريه) بالرمز  $K_p$  للدلالة على تركيز المواد معبراً عنه بالضغط الجزئى.

$$K_p = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(P_{\text{N}_2}) \times (P_{\text{H}_2})^3}$$

وكما هو الحال في  $K_c$  فإن قيمة  $K_p$  للتفاعل لا تتغير بتغير الضغوط الجزئية للغازات المتفاعلة أو الناتجة في نفس درجة الحرارة ويكون الضغط الكلى للتفاعل هو مجموع الضغوط الجزئية لغازاته (والمرتبطة بعدد مولات كل غاز)

مثال : أحسب ثابت الاتزان Kp للتفاعل :



إذا كان ضغط الغاز  $\text{NO}_2$  2 atm ، الغاز  $\text{O}_2$  1 atm ، الغاز  $\text{N}_2$  0.2 atm

الحل :

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{(P_{\text{N}_2}) \times (P_{\text{O}_2})^2} = \frac{(2)^2}{0.2 \times 1^2} = 20$$

∴ ثابت الاتزان = 20

من جملة المشاهدات السابقة وغيرها استطاع العالم الفرنسي "Le Chatelier" أن يضع قاعدة تعرف باسمه وهي تصف تأثير العوامل المختلفة من تركيز وحرارة وضغط على الأنظمة المترنة .

#### قاعدة لو شاتلييه : Le Chatelier Principle

إذا حدث تغير في أحد العوامل المؤثرة على نظام في حالة اتزان مثل التركيز ، الضغط ، درجة الحرارة فإن النظام ينشط في الاتجاه الذي يقلل أو يلغي تأثير هذا التغير .

#### (5) تأثير العوامل الحفازة :

علمت مما سبق أن التفاعلات البطيئة تحتاج إلى تسخين لكي تسير بمعدل أسرع ولكن إذا كنا بصدد تطبيق هذه التفاعلات في الصناعة فإن تكاليف الطاقة اللازمة للتسخين لإحداث هذه التفاعلات ستكون عالية مما يؤدي إلى رفع أسعار السلع المنتجة لتحميل تكاليف الطاقة على أسعارها .

ومن هنا يبرز دور الكيميائي في المصنع الذي يتضمن البحث عن أفضل السبل لزيادة الإنتاج وتحسينه بأقل التكاليف ، وقد وجد أن معظم التفاعلات البطيئة يمكن إتمامها باستعمال مواد تزيد من معدلها دون الحاجة لزيادة درجة الحرارة ، وتعرف هذه المواد بالعوامل الحفازة Catalysts .

ويعرف العامل الحفاز بأنه مادة يلزم منها القليل لتغيير معدل التفاعل الكيميائي دون أن تتغير أو تغير من وضع الاتزان .



ويقوم العامل الحفاز بتقليل طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل فهو يسرع التفاعل العكسي والطردى فى نفس الوقت .

وتستخدم الحفازات فى أكثر من 90% من العمليات الصناعية مثل صناعة الأسمدة والبتروكيماويات والأغذية . وتوضع فى المحولات الحفزية المستخدمة فى شاحنات السيارات لتحويل غازات الاحتراق الملوثة للجو إلى نواتج آمنة والحفازات هى عناصر فلزية أو أكاسيدها أو مركباتها . وتعمل الانزيمات (وهى جزيئات من البروتين تتكون فى الخلايا الحية) كعوامل حفز للعديد من العمليات البيولوجية والصناعية .

#### (٦) تأثير الضوء :

تتأثر بعض التفاعلات الكيميائية بالضوء ويعتبر التمثيل الضوئى مثالا لذلك حيث يقوم الكلوروفيل فى النبات بامتصاص الضوء وتكوين الكربوهيدرات فى وجود ثانى أكسيد الكربون والماء . كما أن أفلام التصوير تحتوى على بروميد فضة فى طبقة جيلاطينية وعندما يسقط الضوء عليها فإنه يعمل على أكتساب أيون الفضة الموجب للإلكترون من أيون البروميد السالب ليتحول إلى فضة ويمتص البروم المتكون فى الطبقة الجيلاتينية وكلما زادت شدة الضوء زادت كمية الفضة المتكونة .



## الاتزان الأيوني

### تطبيقات قانون فعل الكتلة على حالات الاتزان الأيوني :

#### أولاً : المحاليل الإلكتروليتية :

هناك مواد صلبة متأيئة تماماً مثل كلوريد الصوديوم وعند ذوبان مثل هذه المواد في الماء فإنها تتفكك إلى أيوناتها الموجبة والسالبة ومحاليل هذه المواد موصلة جيدة للتيار الكهربى . وتعرف هذه المواد بالمركبات الأيونية حيث وترتبط أيوناتها الموجبة والسالبة بقوى الجذب الإلكتروليتية .

أما المركبات التساهمية فتكون الروابط بين ذراتها تساهمية مثل غاز كلوريد الهيدروجين الجاف وحمض الخليك النقى . وفى وجود الماء تتأين هاتان المادتان . غير أن غاز كلوريد الهيدروجين يكون تأينه 100% تقريباً بينما حمض الخليك يكون تأينه محدوداً جداً . ويمكن الاستدلال على ما سبق بإجراء التجارب التالية :

**تجربة (١) :** اختبار التوصيل الكهربى لحمض الخليك النقى (الثلجى) وغاز كلوريد الهيدروجين الذائب فى البنزين باستخدام الجهاز المبين بالشكل (٣ - ٥) . تشاهد أن المصباح لا يضىء فى كلتا الحالتين مما يدل على أن كلا المحلولين لا يحتوى على أيونات تعمل على توصيل التيار .



شكل (٣ - ٥)

**تجربة (٢) :** أذب 0.1 mol من غاز كلوريد الهيدروجين فى 1 L من الماء وبالمثل أذب 0.1 mol من حمض الخليك النقى فى 1 L من الماء وبذلك يكون لديك محلولان متساويان فى التركيز من حمض الخليك وحمض الهيدروكلوريك . اختبار التوصيل الكهربى لهذين المحلولين



تشاهد أن المصباح يضيء بشدة مع حمض الهيدروكلوريك ويضيء إضاءة خافتة مع حمض الخليك مما يدل على أن الأول يحتوى على وفرة من الأيونات بخلاف الثانى .

**تجربة (٢) :** اختبر تأثير تخفيف كلا المحلولين السابقين على توصيل التيار الكهربى (شدة إضاءة المصباح) وذلك بتخفيفهما إلى  $0.01 \text{ mol/L}$  -  $0.001 \text{ mol/L}$  . ولاحظ ما يحدث .  
تلاحظ أن شدة إضاءة المصباح لا تتأثر بتخفيف حمض الهيدروكلوريك بينما تزداد بتخفيف حمض الخليك .

الاستنتاج : نستنتج من جملة التجارب السابقة :

أن المركبات التساهمية مثل غاز كلوريد الهيدروجين الجاف وحمض الخليك (الأسيتيك) النقى تتأين فى وجود الماء ويكون تأين كلوريد الهيدروجين تأيئاً تاماً بينما تأين حمض الخليك (الأسيتيك) محدوداً جداً ، وهذا يعكس التوصيل الجيد لمحلول الحمض الأول للتيار الكهربى ويكون التوصيل الردى لمحلول الحمض الثانى . ولذلك لا يتأثر تأين حمض الهيدروكلوريك بالتخفيف بينما يزداد تأين حمض الخليك بالتخفيف دلالة على وجود جزيئات من الحمض لم تتأين .

وعلى ضوء المشاهدات السابقة يمكن تمثيل تأين كلا من الحامضين كما يلى :



والجدول التالى يبين قيم ثابت التأين لبعض الأحماض الضعيفة .  
وترتب الأحماض الضعيفة تنازلياً تبعاً لتناقص قوتها بدلالة ثابت تأينها ( $K_a$ )

اسم الحمض	الصيغة الجزيئية	ثابت التأين ( $K_a$ )
حمض الكبريتوز	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$1.7 \times 10^{-2}$
حمض الهيدروفلوريك	$\text{HF}$	$6.7 \times 10^{-4}$
حمض النيتروز	$\text{HNO}_2$	$5.1 \times 10^{-4}$
حمض الخليك (الأسيتيك)	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1.8 \times 10^{-5}$
حمض الكربونيك	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$4.4 \times 10^{-7}$
حمض البوريك	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$5.8 \times 10^{-10}$

(الجدول للإطلاع فقط)

أيون الهيدرونيوم :

لا يوجد أيون الهيدروجين (البروتون) الناتج من تأين الأحماض في محاليلها المائية منفرداً ولكنه يجذب إلى زوج الإلكترونات الحر الموجود على ذرة أكسجين أحد جزيئات الماء ويرتبط مع جزئ الماء برابطة تناسقية ويعرف هذا البروتون بالبروتون المماه Hydrated أو أيون الهيدرونيوم ويرمز له بالرمز  $H_3O^+$  .



ويمكن بلورة المفاهيم السابقة كما يلي :

**التأين :** هو عملية تحول جزيئات غير متأينة إلى أيونات .

**التأين التام :** هو عملية تحول كل الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات، وتحدث في الإلكتروليتات القوية

**التأين الضعيف :** هو عملية تحول جزء ضئيل من الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات ويحدث في الإلكتروليتات الضعيفة . وتوجد في المحلول باستمرار حالتان متعاكستان هما تفكك الجزيئات إلى أيونات واتحاد الأيونات لتكوين جزيئات فتنشأ حالة اتزان بين الأيونات والجزيئات غير المتفككة ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة

(∞)



مادة إلكتروليزية ضعيفة

أيونات حرة

ويعرف هذا النوع من الاتزان بالاتزان الأيوني :

**الاتزان الأيوني :** ينشأ هذا النوع من الاتزان في محاليل الإلكتروليتات الضعيفة بين جزيئاتها والأيونات الناتجة عنها .

ولا يمكن تطبيق قانون فعل الكتلة على محاليل الإلكتروليتات القوية لأن محاليلها تامة التأين. وقد تمكن «استفالد» عام 1988 من إيجاد العلاقة بين درجة التفكك أو التأين ألفا (∞) والتركيز (C) mol/L لمحاليل الإلكتروليتات الضعيفة .



### إثبات قانون استفالد Ostwald :

نضرض أن لدينا مولاً واحداً من حمضاً ضعيفاً أحادي البروتون صيغته الافتراضية HA. عند إذابته في الماء يتفكك عدد من جزيئاته تبعاً للمعادلة :



وبتطبيق قانون فعل الكتلة على هذا النظام المتزن فإن :

$$K_a = \frac{[H^+] [A^-]}{[HA]}$$

حيث تمثل  $[H^+]$  ،  $[A^-]$  ،  $[HA]$  تركيزات كل من الأيونات الناتجة وجزيئات الحمض غير المتأينة عند حالة الاتزان  $K_a$  وهو ثابت تأين أو تفكك الحمض. فإذا افترضنا أن مولاً واحداً من الحمض الضعيف (HA) قد أذيب في (V) لتر من المحلول فعند الاتزان تكون :

$$\text{درجة التفكك} = \frac{\text{عدد المولات المتفككة}}{\text{عدد المولات الكلية قبل التفكك}}$$

فإذا كانت عدد المولات المتفككة ( $\alpha$ ) مول يكون عدد المولات غير المتفككة من HA  $(1 - \alpha)$

مول وعدد مولات كل من  $H^+$  و  $A^-$  الناتجة  $\alpha$  مول .

$$\text{وحيث أن التركيز (C) = } \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر (V)}}$$

تكون تركيزات المواد عند الاتزان بالمول لتر هي :



$$\frac{(1-\alpha)}{V} \quad \frac{\alpha}{V} \quad \frac{\alpha}{V}$$

وبالتعويض في معادلة قانون فعل الكتلة فإن :

$$K_a = \frac{\left[\frac{\alpha}{V}\right] \left[\frac{\alpha}{V}\right]}{\left[\frac{1-\alpha}{V}\right]} = \frac{\alpha^2}{V(1-\alpha)}$$

وتعرف هذه العلاقة **بقانون استفالد للتخفيف** وهو يبين العلاقة الكمية بين درجة التآين ( $\alpha$ ) ودرجة التخفيف ويتضح منها :  
 «أنه عند ثبوت درجة الحرارة فإن درجة التآين ( $\alpha$ ) تزداد بزيادة التخفيف» (لتظل قيمة  $K_a$  ثابتة)، وفي حالة الألكتروليتات الضعيفة فإن درجة التآين ( $\alpha$ ) تكون صغيرة بحيث يمكن إهمالها وعليه فإن القيمة ( $1-\alpha$ ) يمكن اعتبارها تساوى الواحد تقريباً وتصبح العلاقة :

$$K_a = \frac{\alpha^2}{V}$$

وحيث أن تركيز الحمض الضعيف ( $C_a$ ) =  $\frac{1}{V}$  mol/L  
 فيمكن كتابة المعادلة السابقة على النحو التالى :

$$K = \alpha^2 \times C_a \quad \therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}$$

أى كلما زاد التخفيف (قل التركيز) زادت درجة التفكك والعكس صحيح .

**مثال :** احسب درجة التفكك فى محلول 0.1 mol/L من حمض الهيدروسيانيك HCN عند 25°C علماً بأن ثابت تأين الحمض  $K_a = 7.2 \times 10^{-10}$

**الحل :**



بتطبيق قانون (استفالد)

$$K_a = \alpha^2 \times C_a$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{\frac{7.2 \times 10^{-10}}{0.1}} = 8.5 \times 10^{-5}$$



### حساب تركيز أيون الهيدرونيوم للأحماض الضعيفة :

عندما يتفكك حمض ضعيف مثل حمض الخليك (تركيزه  $C_a$ ) في الماء حسب المعادلة :



$$= \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_a \quad \text{فإن ثابت التفكك لهذا التفاعل}$$

ومن المعادلة السابقة فإن مقدار ما ينتج من أيونات الخلات  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  يساوي مقدار ما ينتج من أيونات الهيدرونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+$  :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad \text{وبذلك فإن قيمة ثابت الاتزان :}$$

ونظراً لأن الحمض ضعيف فإن ما يتفكك منه مقدار ضئيل ( $\alpha$ ) يمكن إهماله ومن ذلك فإن تركيز حمض الخليك عند الاتزان ( $C_a - \alpha$ ) = تركيز حمض الخليك الأصلي (C) وبالتعويض في قانون ثابت الاتزان :

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{C_a}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{C_a \times K_a}$$

مثال :

احسب تركيز أيون الهيدرونيوم في محلول 0.1mol/L حمض خليك عند 25°C  
علماً بأن ثابت تأين الحمض  $1.8 \times 10^{-5}$  .

$$[H_3O^+] = \sqrt{C_a \times K_a}$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{0.1 \times 1.8 \times 10^{-5}} = 1.342 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

حساب تركيز أيون الهيدروكسيل للقواعد الضعيفة :

القواعد التى تتأين فى المحلول المائى جزئياً تسمى قواعد ضعيفة ويمكن حساب تركيز أيون الهيدروكسيل بنفس طريقة حساب تركيز أيون الهيدرونيوم السابق ذكرها وعلى سبيل المثال فإن النشادر من القواعد الضعيفة وعندما تذاب فى الماء يحدث التفاعل المتزن التالى :



$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = 1.8 \times 10^{-5}$$

وتبين معادلة التآين السابقة تكوين مول واحد من كل من أيونى  $NH_4^+$  والهيدروكسيل .

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[NH_3]}$$

ونظراً لأن ثابت تفكك النشادر صغير فإن جزءاً قليلاً جداً منه يتفكك وعند الاتزان فإن تركيز الامونيا المتبقية  $[NH_3]$  يساوى تركيز الأمونيا الأصلية  $(C_b)$ .

$$[OH^-] = \sqrt{C_b \times K_b} \quad , \quad K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b}$$

ثانياً : تأين الماء :

الماء النقى الكتروليت ضعيف يوصل التيار الكهربى توصيلاً ضعيفاً ويعبر عن تأينه بالاتزان التالى :





وللتبسيط يمكن كتابة المعادلة السابقة كالتالي :



ويعبر عن ثابت الاتزان كما يلي :

$$K_w = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 10^{-14}$$

ونظراً لأن مقدار ما يتأين من الماء لا يذكر كما يتضح من قيمة ثابت الاتزان فإن تركيز

الماء غير المتأين يعتبر مقداراً ثابتاً ومن ثم يؤول التعبير السابق إلى العلاقة التالية بعد

إهمال تركيز الماء غير المتأين والذي يعتبر ثابت في ثابت الاتزان .

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

وحيث إن الماء النقي متعادل التأثير على عباد الشمس فيكون تركيز أيون الهيدروجين

المستول عن الحموضة مساوياً لتركيز أيون الهيدروكسيل المستول عن القلوية ولذلك فإن :

$$K_w = [10^{-7}][10^{-7}] = 10^{-14}$$

**الحاصل الأيوني للماء ( $K_w$ ) :**

يعرف حاصل ضرب تركيزي أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيل الناتجين من تأين

الماء بالحاصل الأيوني للماء ويساوي  $1 \times 10^{-14}$  وهو مقدار ثابت فإذا زاد تركيز أيون

الهيدروجين قل تركيز أيون الهيدروكسيل بنفس المقدار وإذا عرف تركيز أحد الأيونين

أمكن معرفة تركيز الآخر.

**الأس (الرقم) الهيدروجيني pH Value :**

هو اللوغاريتم السالب (للأساس 10) لتركيز أيون الهيدروجين أي  $-\log [\text{H}^+]$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

**الحرف (p) يعنى (-log)**

وهو أسلوب للتعبير عن درجة الحموضة أو القاعدية للمحاليل المائية فإذا رجعنا لمعادلة

الحاصل الأيوني للماء وبأخذ اللوغاريتم السالب لهذه المعادلة فإنها تصبح :

$$-\log K_w = (-\log [\text{H}^+]) + (-\log [\text{OH}^-]) = -\log 10^{-14}$$

وباستبدال القيمة ( $-\log$ ) بالحرف (p) فإن المعادلة تصبح :

$$pK_w = pH + pOH = 14$$

فالمحلول المتعادل يكون قيمة الرقم الهيدروجيني له  $pH = 7$  وقيم الرقم الهيدروكسيلى له  $pOH = 7$  ، والمحلول ذو الرقم الهيدروجيني  $pH = 5$  مثلا يكون الرقم الهيدروكسيلى له  $pOH = 9$  والمحلول ذو الرقم الهيدروجيني  $pH = 8$  يكون الرقم الهيدروكسيلى له  $pOH = 6$  وعليه فإن المحاليل الحامضية يكون قيمة الرقم الهيدروجيني لها  $pH < 7$  والرقم الهيدروكسيلى لها  $pOH > 7$  ، أما المحاليل القاعدية يكون قيمة الرقم الهيدروجيني  $pH > 7$  والرقم الهيدروكسيلى  $pOH < 7$



ويبين الجدول التالى الرقم الهيدروجيني لبعض المحاليل :

الرقم الهيدروجيني	المادة
Zero	محلول 1mol/L حمض هيدروكلوريك
1	محلول 0.1mol/L حمض هيدروكلوريك
1.8 - 1.6	العصير المعدى
2.3	عصير الليمون
2.9	الخل
3.5	عصير البرتقال
4.0	عصير العنب
4.2	عصير الطماطم
5.0	القهوة
6.2	ماء المطر
6.6 - 6.3	اللبن
7 - 5.5	البول
7	الماء النقي
7.4 - 6.2	اللحاح
7.45 - 7.35	الدم
8.4	ماء البحر
8.6 - 7.8	العصارة المرارية
10.5	مستحلب المانيزيا
11.0	محلول 0.1mol/L من الأمونيا
12.0	صودا الغسيل
13.0	محلول 0.1mol/L هيدروكسيد صوديوم
14.0	محلول 1mol/L هيدروكسيد صوديوم

↑  
حامضي  
متعادل  
↓  
قلوي

للايضاح فقط .





جهاز قياس الرقم الهيدروجيني  
( pH meter )

### ثالثاً : التحلل المائي للأملح ( التميؤ ) Hydrolysis :

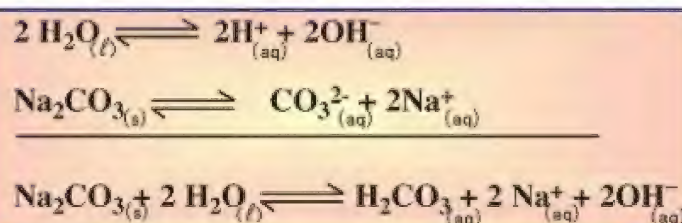
شكل ( ٣ - ٦ )

تجربة : أحضر أربع أنابيب اختبار وضع فى الأولى محلول كربونات الصوديوم وفى الثانية محلول كلوريد الأمونيوم وفى الثالثة محلول أسيتات (خلات) الأمونيوم وفى الرابعة محلول كلوريد الصوديوم واكشف عن المحاليل الأربعة بورق عباد الشمس وتأكد من صحة البيانات الموضحة فى الجدول التالى .

تجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١- تأثير محلول $\text{Na}_2\text{CO}_3$	تزرق ورقة عباد الشمس	المحلول قاعدى
٢- تأثير محلول $\text{NH}_4\text{Cl}$	تحمر ورقة عباد الشمس	المحلول حمضى
٣- تأثير محلول $\text{CH}_3\text{COONH}_4$	لا تتأثر	المحلول متعادل
٤- تأثير محلول $\text{NaCl}$	لا تتأثر	المحلول متعادل

ويمكن تفسير نتائج الجدول السابق كما يلى :

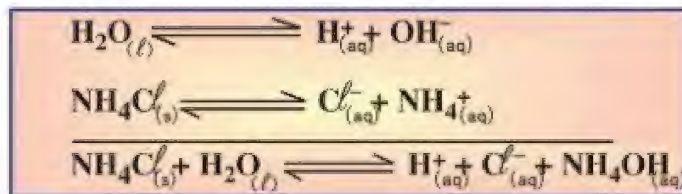
١- التحلل المائي لملاح كربونات الصوديوم (ملح مشتق من حمض ضعيف مع قاعدة قوية) :  
يتأين الماء كإلكتروليت ضعيف ليعطى أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيل وعند إذابة كربونات الصوديوم فإنها تتفكك إلى أيونات صوديوم وأيونات كربونات :



ويلاحظ من التفاعل تكون حمض الكربونيك وأيونات كل من الصوديوم والهيدروكسيل ويرجع عدم تكوين هيدروكسيد الصوديوم إلى أنه الإلكتروليت قوى والمعروف أن الإلكتروليتات القوية تكون تامة التأين ، أما تكون حمض الكربونيك فيعزى إلى اتحاد

أيونات الهيدروجين الناتجة من تأين الماء مع أيونات الكربونات في المحلول وتعطى حمض الكربونيك ضعيف التأين ، وينشأ عن ذلك سحب مستمر لأيونات الهيدروجين من اتزان تأين الماء فيختل الاتزان ، ولكي يسترجع ثانية فإنه تبعاً لقاعدة لوشاتلييه تتأين جزيئات أخرى من الماء لتعوض النقص في تركيز أيونات الهيدروجين الأمر الذي يترتب عليه تراكم أو زيادة تركيز أيونات الهيدروكسيل ويصبح تركيزها أكبر من تركيز أيونات الهيدروجين وعلى ذلك يكون الرقم الهيدروجيني  $PH > 7$  ويكون محلول كربونات الصوديوم قلويًا .

٢- التحلل المائي لمالح كلوريد الأمونيوم (ملح مشتق من حمض قوى مع قاعدة ضعيفة) :  
يمكن تمثيل ذوبان كلوريد الأمونيوم في الماء بالمعادلات التالية :

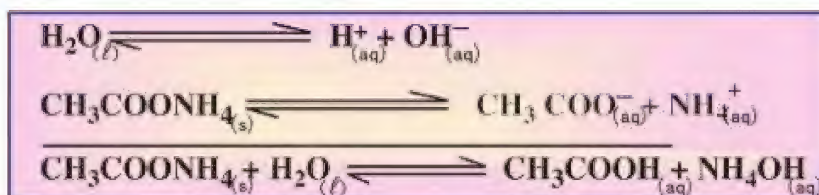


يتضح من التفاعل أنه ينتج من ذوبان كلوريد الأمونيوم في الماء أيونات الهيدروجين وأيونات الكلوريد وهيدروكسيد الأمونيوم. ولا يتكون حمض الهيدروكلوريك لأنه الكتروليت قوى فيكون تام التأين ( $H^+$  ,  $Cl^-$ ) أي أن وجود أيونات الكلوريد لا تؤثر في اتزان الماء أما أيونات الأمونيوم فهي تتفاعل مع أيونات الهيدروكسيل الناتجة من تأين الماء لتعطي هيدروكسيد الأمونيوم وهو الكتروليت ضعيف التأين ونتيجة لسحب أيونات الهيدروكسيل من اتزان تأين الماء يختل الاتزان ، ولكي يسترجع ثانية فإنه تبعاً لقاعدة لوشاتلييه تتأين جزيئات أخرى من الماء لتعوض النقص في أيونات الهيدروكسيل ، وبذلك تتراكم أيونات الهيدروجين ويصبح تركيزها أكبر من تركيز أيونات الهيدروكسيل وبذلك يصبح المحلول حامضياً.

٢- التحلل المائي لمالح أسيتات (خلات) الأمونيوم (ملح مشتق من حمض ضعيف مع قاعدة ضعيفة) :  
يمكن تمثيل ذوبان أسيتات الأمونيوم في الماء بالمعادلات الآتية :



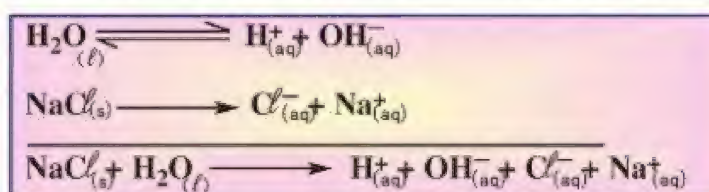
## الباب الثالث : الإتزان الكيميائي



وفى هذه الحالة يتكون حمض الخليك وهيدروكسيد الأمونيوم وكلاهما الكتروليت ضعيف مما يعنى أن تركيز أيونات الهيدروجين القليل الناتج من تأين الحمض الضعيف يكافئ تركيز أيونات الهيدروكسيل القليل الناتج من تأين القلوى الضعيف فيكون المحلول متعادلاً .

٤- التحلل المائى لملح كلوريد الصوديوم (ملح مشتق من حمض قوى مع قاعدة قوية) :

يمكن تمثيل ذوبان كلوريد الصوديوم فى الماء بالمعادلات الآتية :



وفى هذه الحالة لا يتكون حمض الهيدروكلوريك القوى والتام التأين وهيدروكسيد الصوديوم القلوى القوى والتام التأين ، لذا تبقى أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيل الناتجين من تأين الماء كما هى ويكون المحلول متعادلاً .

مما سبق يمكن أن نستنتج أن التميؤ هو عكس التعادل فعند ذوبان الملح فى الماء ينتج الحمض والقلوى المشتق منهما الملح وتعتمد الخاصية الحامضية والقاعدية لمحلول الملح على قوة كل من الحمض والقلوى الناتجين من ذوبان الملح فى الماء .

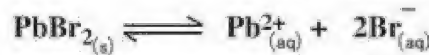
### رابعاً : حاصل الإذابة :

لكل ملح صلب حد معين للذوبان فى الماء عند درجة حرارة معينة، وعند الوصول إلى هذا الحد تصبح المادة المذابة فى حالة اتزان ديناميكى مع المادة غير المذابة، ويوصف المحلول حينئذ بالمحلول المشبع.

ومدى ذوبانية الأملاح الصلبة فى الماء واسع جداً، فذوبانية نترات البوتاسيوم  $\text{KNO}_3$  فى الماء تساوى 31.6g/100g عند  $20^\circ\text{C}$ ، بينما ذوبانية كلوريد الفضة  $\text{AgCl}$  فى الماء عند نفس الدرجة

تساوى  $0.0016\text{g}/100\text{g}$  ويُعرف تركيز المحلول المشبع من الملح شحيح الذوبان عند درجة حرارة معينة بدرجة الذوبان

فإذا أخذت كمية من بروميد الرصاص  $\text{Pb Br}_2$  ورُجت في الماء، فإن كمية ضئيلة جداً سوف تذوب ويتأين جزء منها وفقاً للمعادلة الآتية :



ثم يطبق عليها قانون فعل الكتلة .

فإن ثابت الاتزان :

$$K_{sp} = \frac{[\text{Pb}^{2+}] [\text{Br}^{-}]^2}{[\text{PbBr}_2]}$$

وحيث أن تركيز  $\text{PbBr}_2$  الصلب يظل ثابتاً تقريباً فإن :

$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}] [\text{Br}^{-}]^2$$

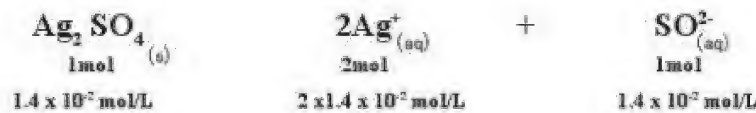
يعرف  $K_{sp}$  بحاصل الإذابة Solubility product وحاصل الإذابة لأي مركب أيوني شحيح

الذوبان هو حاصل ضرب تركيز أيوناته مقدرة بالمول / لتر مرفوع كل منها لأس يساوي

عدد مولات الأيونات والتي توجد في حالة اتزان مع محلولها المشبع .

**مثال :** احسب قيمة حاصل الإذابة لمُح كبريتات الفضة  $\text{Ag}_2 \text{SO}_4$  علماً بأن درجة ذوبانه في الماء عند درجة حرارة معينة يساوي

الحل :



$$K_{sp} = [\text{Ag}^{+}]^2 [\text{SO}^{2-}]$$

$$K_{sp} = [2 \times 1.4 \times 10^{-2}]^2 [1.4 \times 10^{-2}] = 1.0976 \times 10^{-6}$$



### التقويم

#### السؤال الأول :

عرف ما يأتي :

- ١- الاتزان الكيميائي .
- ٢- ضغط بخار الماء المشبع في الجو .
- ٣- التفاعلات التامة .
- ٤- التفاعلات الانعكاسية .
- ٥- معدل التفاعل .
- ٦- العامل الحفاز .
- ٧- قانون فعل الكتلة .
- ٨- قاعدة لوشاتلييه .
- ٩- حاصل الإذابة .
- ١٠- الحاصل الأيوني للماء .
- ١١- الأس الهيدروجيني
- ١٢- قانون استقالد .

#### السؤال الثاني :

ضع حرف (ع) أمام التفاعلات الانعكاسية وحرف (م) أمام التفاعلات التامة :



#### السؤال الثالث :

اكتب فيما يلي :

أ- معدل التفاعل الكيميائي والعوامل التي تؤثر عليه .

ب- التفاعل المتزن والعوامل التي تؤثر عليه .

#### السؤال الرابع :

كيف يؤثر كل تغير من التغيرات الآتية على تركيز الهيدروجين في النظام المتزن التالي :



أ- إضافة المزيد من غاز ثاني أكسيد الكربون .

ب- إضافة المزيد من بخار الماء .

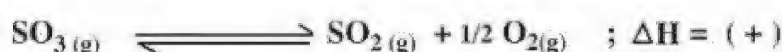
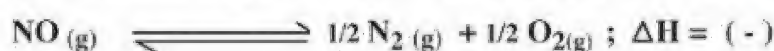
ج- إضافة عامل حفاز .

د- زيادة درجة الحرارة .

هـ- تقليل حجم الوعاء .

### السؤال الخامس :

فى أى من التفاعلات الآتية تتوقع زيادة نسبة التفكك مع زيادة درجة الحرارة :



### السؤال السادس :

ما المحاليل الحمضية والقاعدية والمتعادلة فيما يلى :

أ - محلول pH له = 3.5 .

ب- محلول pH له = 7.0 .

ج- محلول pH له = 4.0 .

د - محلول pH له = 12.0 .

### السؤال السابع :

أكتب المصطلح العلمى الذى تدل عليه كل من العبارات الآتية :

أ- التفاعلات التى تسير فى كلا الاتجاهين الطردى والعكسى وتكون المواد المتفاعلة والنااتجة من التفاعل موجودة باستمرار فى حيز التفاعل (.....) .

ب- مقدار التغير فى تركيز المواد المتفاعلة فى وحدة الزمن (.....) .

ج- عند ثبوت درجة الحرارة تتناسب سرعة التفاعل الكيميائى تناسباً طردياً مع حاصل

ضرب التركيزات الجزيئية لمواد التفاعل (.....) .

د- إذا حدث تغير فى أحد العوامل المؤثرة على نظام فى حالة اتزان مثل الضغط أو

التركيز أو درجة الحرارة فإن النظام ينشط فى الاتجاه الذى يقلل أو يلغى هذا التغير

(.....) .



**السؤال الثامن :**

اذكر تجربة عملية لإثبات :

أ- تأثير التركيز على معدل التفاعل .

ب - تأثير درجة الحرارة على سرعة تفاعل متزن .

**السؤال التاسع :**

احسب قيمة ثابت الاتزان للتفاعل :



عندما تكون التركيزات عند الاتزان  $0.213 \text{ mol/L} = [\text{NO}_2]$  ،  $0.213 \text{ mol/L} = [\text{N}_2\text{O}_4]$  .

**السؤال العاشر :**

ما نسبة تأين محلول  $0.13 \text{ mol/L}$  من حمض الخليك .

( ثابت تأين حمض الخليك  $1.8 \times 10^{-5}$  ) .

**السؤال الحادي عشر :**

أي المواد الآتية تكون محاليلها المائية حامضية أو قاعدية أو متعادلة :



**السؤال الثاني عشر :**

اكتب معادلة ثابت الاتزان (Kc) للتفاعلات الآتية :



**السؤال الثالث عشر :**

إذا كانت درجة تأين حمض عضوي ضعيف أحادي البروتون تساوي 3% في محلول تركيزه

$0.2 \text{ mol/L}$  . احسب ثابت التأين (Ka) لهذا الحمض .

**السؤال الرابع عشر :**

للتفاعل الآتي قيمتان لثابت الاتزان عند درجتى حرارة مختلفتين :



هل التفاعل طارد أم ماص للحرارة؟ مع تفسير إجابتك

التفاعل طارد أم ماص للحرارة؟ مع تفسير إجابتك

**السؤال الخامس عشر:**

إذا علم أن قيمة الحاصل الأيوني للماء  $K_w = 1 \times 10^{-14}$  عند  $25^\circ\text{C}$ . املء الفراغات في الجدول

الآتي عند هذه الدرجة :

pOH	pH	$[\text{OH}^-]$	$[\text{H}^+]$
.....	.....	.....	$1 \times 10^{-11}$
.....	.....	$1 \times 10^{-5}$	.....
.....	6	.....	.....
12	.....	.....	.....

**السؤال السادس عشر:**

احسب  $[\text{Ba}^{2+}]$  في المحلول المشبع من كبريتات الباريوم  $\text{BaSO}_4$ ، علماً بأن حاصل إذابته

$$K_{sp} = 1.1 \times 10^{-10}$$

**السؤال السابع عشر:**

إذا كانت درجة ذوبان كلوريد الفضة  $\text{AgCl}$  هي  $10^{-5} \text{ mol/L}$ . احسب قيمة حاصل الإذابة .



# الباب الرابع

## الكيمياء الكهربائية

### الأهداف

- في نهاية دراسة الطالب لباب الكيمياء الكهربائية ينبغي أن يكون قادرا على أن:
- يفسر التفاعلات التي تحدث في الخلية الجلفانية ودور القطرة الملحية.
  - يبين المقصود بقطب الهيدروجين القياسي واستخدامه في قياس جهود الأقطاب القياسية.
  - يحسب القوة الدافعة الكهربائية للخلية الجلفانية.
  - يكتب الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية.
  - يقيس علميا جهود بعض الأقطاب.
  - يتعرف أنواع مختلفة من الخلايا الجلفانية.
  - يبين كيفية وقاية الحديد من الصدأ والتآكل.
  - يحقق قانونا فاراداي عمليا.
  - يحسب كمية المادة المترسبة باستخدام قوانين فاراداي.
  - يوضح نواتج التحليل الكهربى لمحاليل ومصاهير الأملاح.
  - يكتب التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب في الخلايا الإلكتروليتية.
  - يميز بين الخلايا الجلفانية والخلايا الإلكتروليتية.
  - يتعرف على تطبيقات الخلايا الإلكتروليتية.
  - يفسر التفاعلات التي تحدث أثناء تآكل المعادن وعلى رأسها الحديد.
  - يقدر دور الكيمياء الكهربائية في خدمة الإنسان.
  - يقدر دور العلماء في تقدم الكيمياء الكهربائية.



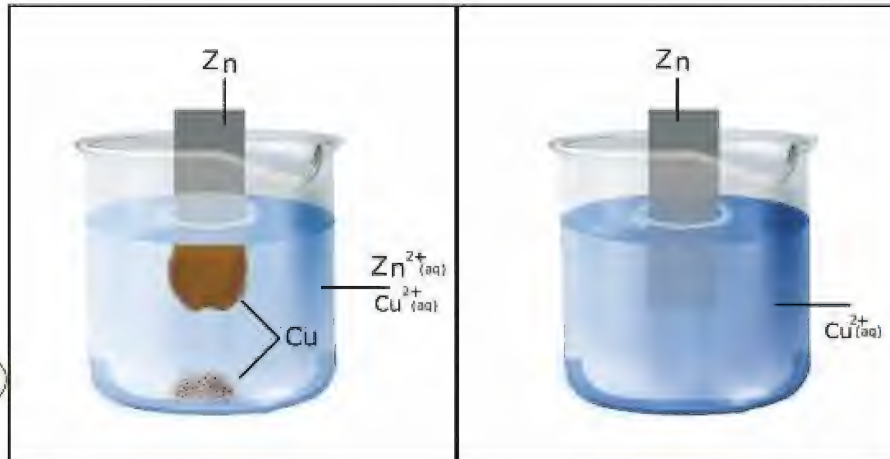
## الكيمياء الكهربائية Electrochemistry

### مقدمة:

تعتبر الطاقة الكهربائية أهم أنواع صور الطاقة وأكثرها صداقة للبيئة، ويهتم علم الكيمياء الكهربائية بدراسة التحويل المتبادل بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال وهي التفاعلات التي تنتقل فيها الإلكترونات من أحد المواد المتفاعلة إلى المادة الأخرى الداخلة معها في تفاعل كيميائي، والتجربة التالية تبين أحد تفاعلات الأكسدة اختزال.

تجربة :

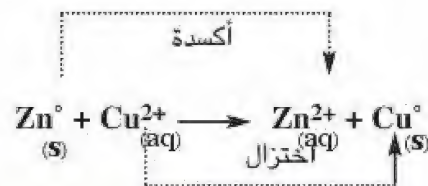
- أغمس صفيحة من الخارصين في محلول كبريتات النحاس «الزرقاء اللون» كما بالشكل (١-٤). سوف تلاحظ أن فلز النحاس بدأ يترسب على سطح صفيحة الخارصين بينما بدأ فلز الخارصين في الذوبان في المحلول كما بالشكل (١-٤ ب).
- وإذا استمر ذلك لفترة طويلة سوف تلاحظ أن لون محلول كبريتات النحاس الأزرق قد قل وربما أصبح عديم اللون ويزداد ذوبان الخارصين.



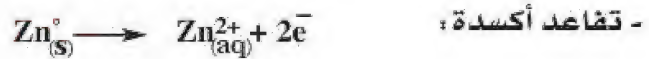
شكل (١-٤ ب)

شكل (١-٤ أ)

إن ما حدث هو تفاعل أكسدة واختزال تلقائي يمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية :



ويلاحظ أن هذا التفاعل يتكون من نصفى تفاعل،



فيه تفقد كل ذرة خارصين (Zn) إلكترونين وتتحول إلى أيون خارصين ( $\text{Zn}^{2+}$ ) الذى يترك سطح صفيحة الخارصين وينوب وينتشر فى المحلول.



وفيه يكتسب كل أيون نحاس ( $\text{Cu}^{2+}$ ) فى المحلول إلكترونين (انقادمين من نصف تفاعل الخارصين) ويتحول إلى فلز النحاس (Cu) الذى يترسب على سطح صفيحة الخارصين.

وقد نجح العلماء فى ترتيب نظام يعرف بالخلايا الجلفانية والتي روى فيها فصل مكونات نصفى الخلية مع اتصالها عن طريق قنطرة ملحية والسماح للإلكترونات أن تمر فى سلك بين نصفى الخلية وبذلك يمكن الحصول على تيار كهربى ناتج من تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائى الذى يحدث فى الخلية الجلفانية.

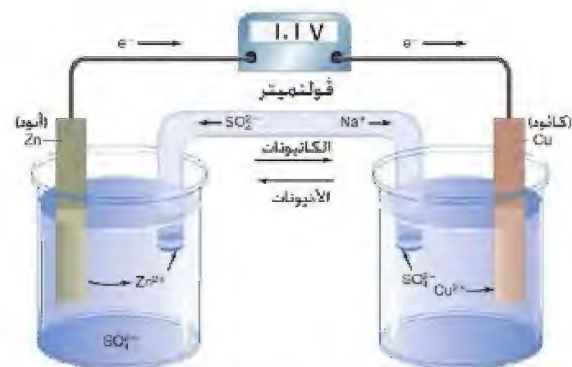
وهناك نوع آخر من الخلايا الكهربية تستخدم فيها طاقة كهربية من مصدر خارجى (بطارية جافة) لإحداث تفاعلات أكسدة واختزال (غير تلقائية) - ويعرف هذا النوع بالخلايا الإلكتروليتية Electrolytic Cells أو خلايا التحليل الكهربى Electrolysis Cells.

### أولاً: الخلايا الجلفانية Galvanic cells:

وهى نوع من الخلايا الكهربية التى يمكن الحصول منها على تيار كهربى نتيجة حدوث تفاعل أكسدة - اختزال تلقائى - ومن أمثلتها خلية (دانيال) كالمبينة بشكل (٢-٤)،



شكل (٢-٤) ب



شكل (٢-٤) أ

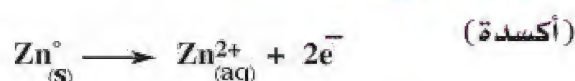


## الباب الرابع : الكيمياء الكهربائية

وتتكون هذه الخلية من لوح من فلز النحاس (قطب النحاس) وآخر من فلز الزنك (قطب الزنك) كل منهما مغمور في محلول أحد أملاحه وذلك في إنائين منفصلين ويوصل بين المحلولين بقنطرة ملحية وكل إناء بما فيه يعرف بنصف خلية - ويعرف لوح النحاس في هذه الخلية بالمهبط أو الكاثود (Cathode) وهو القطب الموجب في الخلية بينما يعرف لوح الزنك بالمصعد أو الأنود (Anode) وهو القطب السالب في الخلية - أما المحلول الموجود في كل نصف خلية فيعرف بالإنكتروليت Electrolyte.

وعند توصيل قطبي الخلية بسلك معدني موصل يحدث مرور تيار كهربائي. ويمكن توضيح تفاعل الأكسدة - الاختزال الحادث في هذه الخلية فيما يلي:

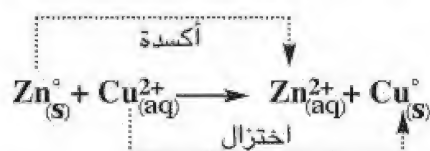
### أ- عند الأنود (Anode) :



### ب- عند الكاثود (Cathode) :



ويكون التفاعل الكلي الحادث في الخلية (شكل ٤-٢) هو مجموع تفاعلي نصفى الخلية.



ويتوقف مرور التيار الكهربائي بين نصفى الخلية عندما ينوب كل فلز الزنك في نصف خلية الزنك - أو تنضب أيونات النحاس بسبب ترسيبها على هيئة ذرات نحاس (Cu°) في نصف خلية النحاس.

وقد اتفق على تمثيل الخلية الجلفانية لأي عنصرين برمز اصطلاحى كالمبين بالمثال التالي:



حيث يمثل الخط الرأسى المفرد الحد الفاصل بين قطب العنصر والمحلول الإنكتروليتي لأيوناته بينما الخط الرأسى المزدوج فيمثل الحد الفاصل بين المحلولين في نصفى الخلية (أو القنطرة الملحية).

يلاحظ أن عملية الأكسدة تحدث دائما عند المصعد (الأنود) بينما عملية الاختزال تحدث عند المهبط (الكاثود) في الخلايا الكهربية بأنواعها.

### ما القنطرة الملحية Salt bridge وما أهميتها في الخلايا الجلفانية؟

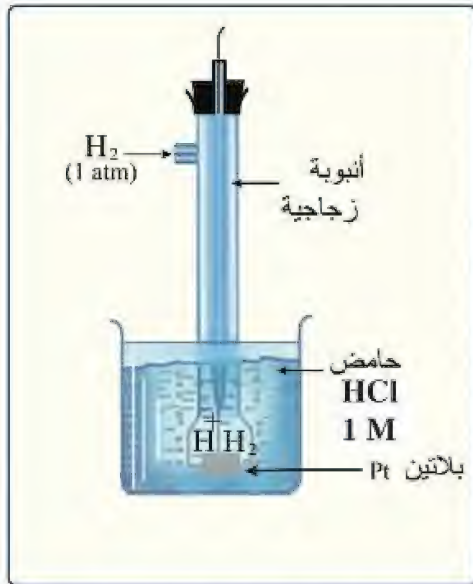
القنطرة الملحية في الخلايا الجلفانية (مثل خلية دانيال) عبارة عن أنبوبة زجاجية على هيئة حرف U تملأ بمحلول إلكتروني (مثل كبريتات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) لا تتفاعل أيوناته مع أيونات محاليل نصفى الخلية ولا مع مواد أقطاب الخلية الجلفانية وتقوم **القنطرة الملحية** بالتوصيل بين محلولي نصفى الخلية بطريقة غير مباشرة كما تقوم بمعادلة الأيونات الموجبة والسالبة الزائدة التي تتكون في محلولي نصفى الخلية نتيجة تفاعل الأكسدة والاختزال في نصف خلية الخارصين ونصف خلية النحاس على التوالي وغياب القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية يؤدي إلى توقف تفاعل الأكسدة والاختزال وبالتالي يتوقف مرور التيار الكهربى في السلك الخارجى الموصل بين نصفى الخلية.



### قياس جهود الأقطاب Electrode Potentials

لا توجد طريقة مؤكدة ومباشرة لقياس الفرق المطلق في الجهد الكهربى بين قطب فلز ومحلول أيوناته في الخلية الجلفانية في حين أن الفرق بين جهدى قطبى الخلية الجلفانية يمكن قياسه بسهولة. وذلك عن طريق تكوين خلية جلفانية من قطبين أحدهما القطب المراد قياس جهده والآخر قطب قياسى ذو جهد ثابت ومعلوم - ثم قياس القوة الدافعة الكهربائية للخلية (جهد الخلية) ومنها يمكن حساب جهد القطب غير المعلوم.

وقد اتفق العلماء على استخدام قطب الهيدروجين القياسى كقطب قياسى يمكن أن تقاس جهود أقطاب العناصر الأخرى بمعلومية جهده الذى يساوى صفراً.



ويكون قطب الهيدروجين القياسى كما هو مبين بالشكل (٣-٤) من صفيحة من البلاتين ( $1\text{cm}^2$ ) مغطاة بطبقة أسفنجية من البلاتين الأسود يمرر عليها تيار من غاز الهيدروجين تحت ضغط ثابت مقداره واحد ضغط جوى ومغمور في محلول واحد مولار ( $1\text{mol/L}$ ) من أى حمض قوى - ويسمى قطب الهيدروجين تحت هذه الظروف بقطب الهيدروجين القياسى (SHE) وجده = Zero. وبالتبع يتغير جهد هذا القطب عن الصفراً بتغير تركيز أيون الهيدروجين في المحلول أو بتغير الضغط الجزئى للغاز أو كلاهما.

ويرمز لنصف خلية الهيدروجين القياسية بالرمز الاصطلاحي  $\text{Pt} - \text{H}_2(1\text{atm}) / 2\text{H}^+(1\text{mol/L})$ .

**سلسلة الجهود الكهربية للعناصر، The electromotive series**

تمكن العلماء من قياس الجهود القطبية القياسية ( $E^\circ$ ) لأنصاف الخلايا لجميع العناصر  
الفلزية واللافلزية مقاسة بالنسبة لجهد قطب الهيدروجين القياسي .

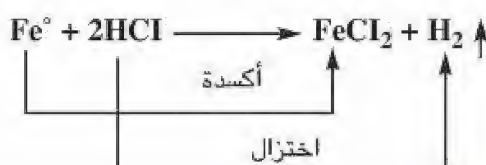
وإذا ما رتبنا هذه الجهود القياسية ترتيباً تنازلياً بالنسبة لجهود الاختزال السالبة  
وتصاعدياً بالنسبة لجهود الاختزال الموجبة بحيث تكون أكبر القيم السالبة هي أعلى  
السلسلة وأكبر القيم الموجبة هي أسفلها تحصل بذلك على ما يعرف بسلسلة الجهود  
الكهربية للعناصر . وتوضح سلسلة الجهود الكهربية للعناصر الحقائق التالية:

أ- العناصر ذات الجهود الأكثر سالبية والتي تقع عند قمة السلسلة تعتبر عوامل مختزلة  
قوية - وهي الفلزات التي تتأكسد بسهولة أي أنها تفقد إلكتروناتها بسهولة عندما تدخل  
في تفاعل مع أيونات أي عنصر يحتل مكانة أدنى في سلسلة الجهود الكهربية .

ب- العناصر ذات الجهود الأكثر إيجابية والتي تقع عند النهاية السفلى للسلسلة تعتبر  
الصورة المتأكسدة لها (أي عندما تكون الفلزات على هيئة أيونات وتكون اللافلزات في  
حالتها العنصرية) عوامل مؤكسدة قوية مثل جزيئات غاز الفلور ( $F_2$ ) . بمعنى أنها ذات  
قدرة أكبر على إكتساب الإلكترونات عندما تدخل في تفاعل مع أي عنصر يحتل مكانة  
أعلى في سلسلة الجهود الكهربية .

ج- العناصر المتقدمة في السلسلة تحل محل العناصر التي تليها في محاليل أملاحها -  
وكلما زاد البعد في الترتيب بين عنصرين زادت قدرة العنصر المتقدم (ذو الجهد  
الأكثر سالبية أو الأقل إيجابية) على طرد العنصر المتأخر (ذو الجهد الأقل سالبية أو  
الأكثر إيجابية) من مركباته .

د- جميع العناصر التي تقع فوق الهيدروجين في سلسلة الجهود الكهربية تحل محل  
أيونات الهيدروجين في المحاليل الحامضية (أي يتصاعد الهيدروجين)  
مثال ذلك تفاعل عنصر الحديد مع حمض الهيدروكلوريك .





وكلما زادت القيمة السالبة للجهد زاد الميل نحو الإحلال محل أيونات الهيدروجين .  
أما العناصر ذات الجهود الموجبة أى التى تقع تحت الهيدروجين فى سلسلة الجهود  
الكهربية فلا يمكن لها أن تحل محل أيونات الهيدروجين فى محاليله .  
وتجدر الإشارة هنا إلى أن الجهد القياسى لنصف خلية أى عنصر يأخذ إشارة سالبة  
أوموجبة ، فإذا كان التفاعل فى نصف خلية الخارصين مثلا عبارة عن عملية اختزال فإن  
الجهد هنا يعرف بجهد الاختزال القياسى ( $E^\circ$ )



وجهد الاختزال ( $E^\circ$ ) لنصف خلية الخارصين بالنسبة لجهد الهيدروجين القياسى  $-0.76\text{V}$  .  
ولكن جهد التأكسد لهذا العنصر يكون ذو إشارة مخالفة حيث يمثل هنا عملية أكسدة .



وعلى ذلك فإنه يمكن أيضا ترتيب العناصر فى سلسلة الجهود الكهربائية تبعا لجهود الأكسدة  
القياسية تنازليا بالنسبة للجهود الموجبة وتصاديا بالنسبة للجهود السالبة - كما هو مبين  
بالجول صفحة ٨٢

ويمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية لأى خلية جلفانية وذلك باستخدام جهد  
الاختزال أو جهد الأكسدة لنصفى الخلية أو كلاهما معا بحيث **يكون جهد الخلية الجلفانية**  
**قيمة موجبة دائما -**

فجهد الاختزال القياسى لنصف خلية النحاس  $+0.34\text{V}$  =

وجهد الأكسدة القياسى لنصف خلية النحاس  $-0.34\text{V}$  =

أما جهد الاختزال القياسى لنصف خلية الخارصين  $-0.76\text{V}$  =

بينما يكون جهد الأكسدة القياسى لنصف خلية الخارصين  $+0.76\text{V}$  =

والقوة الدافعة الكهربائية للخلية الجلفانية  $\text{emf}$  = فرق جهدى الاختزال لنصفى  
الخلية

$$\text{emf or } E_{\text{cell}} = 0.34 - (-0.76) = 1.1\text{V}$$

$\text{emf}$  = فرق جهدى الأكسدة لنصفى الخلية

$$\text{emf or } E_{\text{cell}} = 0.76 - (-0.34) = 1.1\text{V}$$

emf = مجموع جهدي الأكسدة والاختزال لنصفى الخلية

$$\text{emf or } E_{\text{cell}} = 0.76 + 0.34 = 1.1\text{V}$$

(الجدول للإطلاع فقط)

سلسلة الجهود الكهروكيميائية للعناصر :

نصف الخلية (نصف التفاعل)	جهود التأكسد القياسية (فولت)	جهود الاختزال القياسية (فولت)
Li $\xrightarrow{\text{أكسدة}} \text{Li}^+ + e^-$	+ 3.045	- 3.045
K $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{K}^+ + e^-$	+ 2.924	- 2.924
Na $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Na}^+ + e^-$	+ 2.711	- 2.711
Mg $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Mg}^{2+} + 2e^-$	+ 2.375	- 2.375
Al $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Al}^{3+} + 3e^-$	+ 1.670	- 1.670
Mn $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Mn}^{2+} + 2e^-$	+ 1.029	- 1.029
Zn $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Zn}^{2+} + 2e^-$	+ 0.762	- 0.762
Cr $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Cr}^{3+} + 3e^-$	+ 0.740	- 0.740
Cr $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Cr}^{2+} + 2e^-$	+ 0.557	- 0.557
Cr <sup>2+</sup> $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Cr}^{3+} + e^-$	+ 0.410	- 0.410
Fe $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Fe}^{2+} + 2e^-$	+ 0.409	- 0.409
Cd $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Cd}^{2+} + 2e^-$	+ 0.402	- 0.402
Co $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Co}^{2+} + 2e^-$	+ 0.280	- 0.280
Ni $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Ni}^{2+} + 2e^-$	+ 0.230	- 0.230
Pb $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Pb}^{2+} + 2e^-$	+ 0.126	- 0.126
H <sub>2</sub> $\xrightarrow{\text{اختزال}} 2\text{H}^+ + 2e^-$	Zero	Zero
Sn <sup>2+</sup> $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Sn}^{4+} + 2e^-$	- 0.150	+ 0.150
Cu $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Cu}^{2+} + 2e^-$	- 0.340	+ 0.340
4OH <sup>-</sup> $\xrightarrow{\text{اختزال}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4e^-$	- 0.401	+ 0.401
Ag $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Ag}^+ + e^-$	- 0.800	+ 0.800
Pt $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Pt}^{2+} + 2e^-$	- 1.200	+ 1.200
Au $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{Au}^{3+} + 3e^-$	- 1.420	+ 1.420
2F <sup>-</sup> $\xrightarrow{\text{اختزال}} \text{F}_2 + 2e^-$	- 2.87	+ 2.87



### الخلايا الجلفانية وأنتاج الطاقة الكهربائية :

تقسم الخلايا الجلفانية تبعاً لطبيعة عملها لإنتاج الطاقة الكهربائية إلى :

1 - خلايا أولية Primary cells      2 - خلايا ثانوية Secondary cells

وجميعها أنظمة تنتج الطاقة الكهربائية من خلال ما يحدث فيها من تفاعلات أكسدة - اختزال تلقائي.

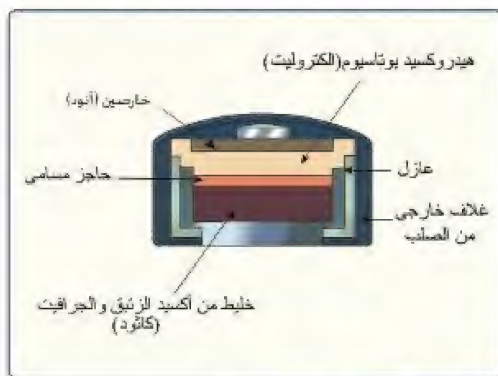
### ١- الخلايا الأولية: Primary cells

وهي أنظمة تخزن الطاقة في صورة كيميائية والتي يمكن تحويلها عند اللزوم إلى طاقة كهربائية وذلك من خلال تفاعل أكسدة - اختزال تلقائي غير انعكاسي ويتوقف هذا النوع من الخلايا عن العمل عندما تستهلك مادة المصعد أو تنضب أيونات نصف خلية المهيبط.

والخلايا الأولية لا يسهل (عملها أو اقتصاديا) بل ربما يصبح من المستحيل إعادة شحنها بغرض إعادة مكوناتها إلى الحالة الأصلية وبمعنى آخر فإنها خلايا غير انعكاسية - وبالطبع لكي يسهل استخدامها وخصوصاً في الأجهزة المتنقلة لا بد أن تكون في صورة جافة وليست سائلة. لذلك عرفت باسم البطاريات الجافة Dry Batteries - والخلية في الصورة الجافة تحقق جهداً ثابتاً لمدة أطول أثناء تشغيلها بالإضافة إلى إمكانية تصنيعها في أحجام أصغر. وسوف نعرض فيما يلي نموذجين للخلايا الأولية :

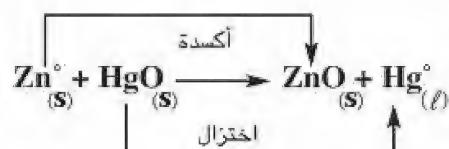
## (أ) خلية الزئبق Mercury cell :

وتصنع هذه الخلية في شكل أسطوانى أو على هيئة قرص. وتتميز بصغر حجمها لذلك فهي شائعة الاستخدام في سماعات الأذن والساعات والآلات الخاصة بالتصوير. يتكون القطب السائب من الخارصين والقطب الموجب من أكسيد الزئبق. ويستخدم فيها هيدروكسيد البوتاسيوم كإلكتروليت والخلية مغلقة بإحكام شكل (٤ - ٤)



شكل (٤ - ٤) خلية الزئبق

والنتفاعل الكلى الحادث في الخلية هو



وتعطى هذه الخلية قوة دافعة كهربية  $E_{\text{cell}} = 1.35\text{V}$  ويجب التخلص من هذه البطارية بعد الاستخدام بطريقة آمنة حيث أنها تحتوى على الزئبق وهو مادة سامة.

## (ب) خلية الوقود Fuel cell

من المعروف أن الهيدروجين يحترق في الهواء بعنف وينتج عن عملية الاحتراق ضوء وحرارة

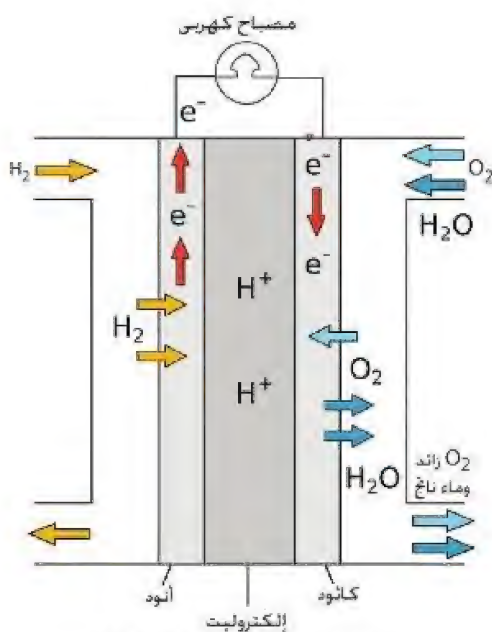


وقد تمكن العلماء من إجراء هذا التفاعل تحت ظروف يتم التحكم فيها داخل ما يعرف بخلية الوقود.

يجد هذا النوع من الخلايا اهتماماً بالغاً في مركبات الفضاء حيث إن الوقود الغازى من الهيدروجين والأكسجين المستخدم في إطلاق الصواريخ هو نفسه الوقود المستخدم في هذه الخلايا.

وتتركب خلية الوقود من قطبين، كل منهما على

هيئة وعاء مجوف مبطن بطبقة من الكربون المسامى، تسمح بالاتصال بين الحجرة الداخلية والمحلول الإلكتروليتى الموجود بها وهو غالباً محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المائى.



شكل (٥ - ٤) خلية الوقود



## التفاعلات الحادثة في الخلية

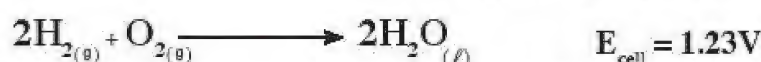
### تفاعل الأكسدة



### تفاعل الاختزال



والتفاعل الكلى الحادث هو



وخلية الوقود لا تستهلك كباقي الخلايا الجلفانية، لأنها تزود بالوقود من مصدر خارجي.

وتعطي هذه الخلية قوة دافعة كهربية  $1.23\text{V} = E_{\text{cell}}$

وتعمل خلية الوقود عند درجة حرارة عالية فيتبخر الماء الناتج عنها، ويمكن إعادة تكثيفه للاستفادة منه كمياد للشرب لرواد الفضاء.

وبعكس البطاريات الأخرى فخلايا الوقود لا تحتزن الطاقة لأن عملها يتطلب إمدادها المستمر بالوقود وإزالة مستمرة للنواتج.

## ٢- الخلايا الثانوية Secondary cells

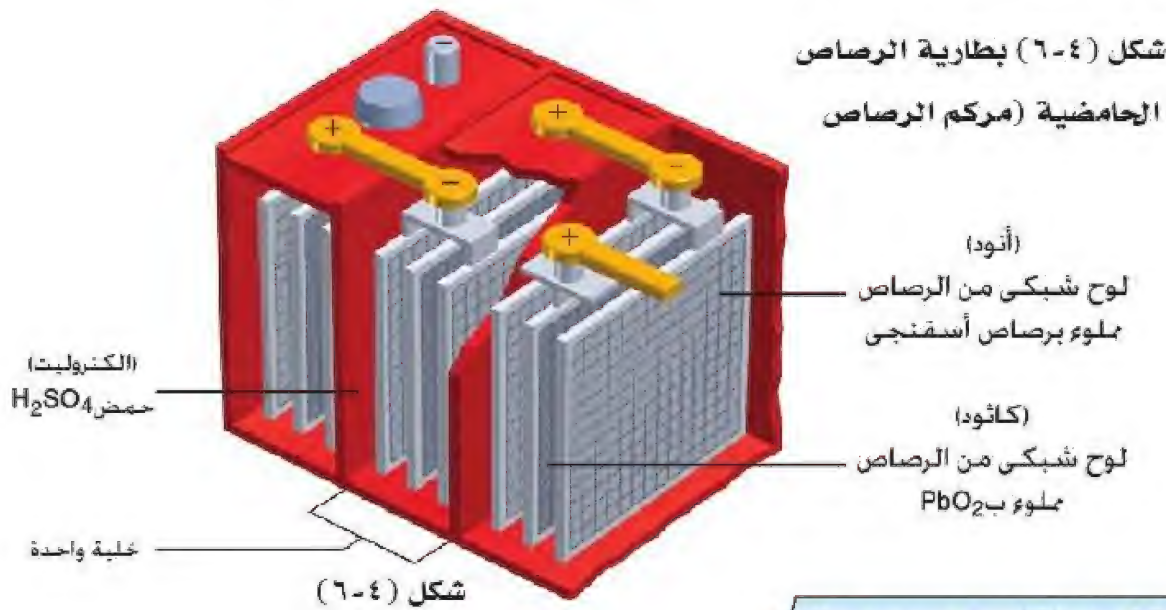
وهي خلايا جلفانية تتميز بأن دفاعالاتها الكيميائية دفاعالات انعكاسية، وتحتزن الطاقة الكهربائية على هيئة طاقة كيميائية والتي يمكن تحويلها مرة أخرى إلى طاقة كهربية عند اللزوم - ويمكن إعادة شحنها بإمرار تيار كهربى من مصدر خارجى بين قطبيها فى اتجاه عكس عملية تفريغها وسوف نعرض فيما يلى نموذجين من الخلايا الثانوية ،

### أ- بطارية الرصاص الحامضية Lead - Acid battery

تم تطوير هذا النوع من البطاريات وأصبح أنسب أنواع البطاريات المستخدمة فى السيارات (لذلك تعرف ببطارية السيارة) - وتتكون هذه البطارية غالباً من ستة خلايا موصلة على التوالى وتنتج كل خلية  $E_{\text{cell}} = 2\text{V}$  وتكون القوة الدافعة الكهربائية للبطارية،  $\text{emf} = 2 \times 6 = 12\text{V}$  ويمكن عند الحاجة تصنيع بطاريات أكبر حجماً تحتوى على أكثر من ستة خلايا.

وفى البطارية يكون المصعد «الأنود» عبارة عن شبكة من الرصاص مملوءة برصاص أسفنجى (Pb) شكل (٤-٦) ويكون المهبط (الكاثود) عبارة عن شبكة من الرصاص مملوءة بعجينة من ثانى أكسيد

الرصاص ( $PbO_2$ ) - وتفصل الألواح عن بعضها بصفائح عازلة وجميعها تغمر في محلول حمض الكبريتيك المخفف كإلكتروليت موصل. وجميعها موضوعة في وعاء مصنوع من المطاط الصلب أو البلاستيك (بولي ستيرين) والذي لا يتأثر بالأحماض، وتعمل البطارية كخلية جلفانية أثناء تشغيلها (تفريغها) واستهلاك طاقتها أما عند إعادة شحنها فتعتبر خلية إلكتروليتيّة.



#### ١٠. تفاعل التفريغ (Discharge)

تحدث التفاعلات التالية عند تشغيل البطارية

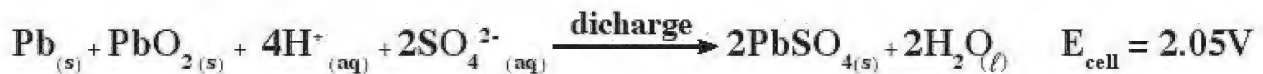
أ- تفاعل الأنود (المصعد) :



ب- تفاعل الكاثود (المهبط) :



وتعمل الخلية هنا كخلية جلفانية وعند التفريغ تكون معادلة التفاعل الكلي للبطارية :



#### تدريب : احسب القوة الدافعة الكهربائية لهذه البطارية

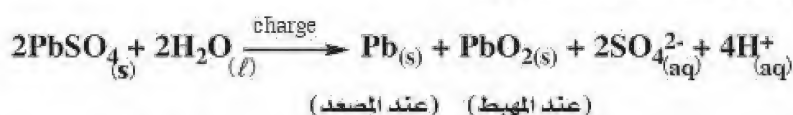
ويتم التعرف على حالة البطارية بقياس كثافة محلول الحمض بواسطة الهيدروميتر (مقياس الكثافة للسوائل) وحينما تكون البطارية كاملة الشحن تكون كثافة الحمض فيها تساوى  $1.28, 1.3g/cm^3$  وإذا



قلت كثافة الحمض إلى أقل من  $1.2\text{g/cm}^3$  فهذا يعنى حاجة البطارية إلى إعادة الشحن وزيادة تركيز الحمض فيها.

### (ب) تفاعل الشحن (Charging) :

يؤدى طول مدة استعمال البطارية إلى تخفيف تركيز حمض الكبريتيك فيها نتيجة لزيادة كمية الماء الناتج من التفاعل كذلك تحول مواد الكاثود ( $\text{PbO}_2$ ) والأنود ( $\text{Pb}$ ) إلى كبريتات رصاص (II). مما يؤدى إلى نقص كمية التيار الكهربى الناتج منها - وهنا تحتاج البطارية إلى إعادة الشحن ويتم ذلك بتوصيل قطبى البطارية بمصدر للتيار الكهربى المستمر له جهد أكبر قليلا من الجهد الذى ينتج من البطارية مما يؤدى إلى حدوث تفاعل عكس التفاعل التلقائى الذى حدث أثناء تفريغ الشحنة ويؤدى هذا إلى تحول كبريتات الرصاص (II) إلى رصاص عند المصعد (الأنود) وثانى أكسيد الرصاص عند المهبط (الكاثود) كما يعيد تركيز الحمض إلى ما كان عليه.



وتعمل البطارية أثناء الشحن كخلية إلكتروليتيية، حيث تم فيها إحداث تفاعل كيميائى غير تلقائى بواسطة مرور تيار كهربى - وهذا يعنى تخزين الطاقة الكهربائية الواردة من المصدر الخارجى فى شكل طاقة كيميائية - لذلك اعتبرت الخلايا الثانوية «المراكم» أنها بطاريات لتخزين الطاقة وفى السيارة يستخدم الدينامو وبصورة مستمرة فى إعادة شحن البطارية أولا بأول.

### ب بطارية أيون الليثيوم Lithium ion battery

تعتبر بطارية أيون الليثيوم الجافة من البطاريات القابلة لإعادة الشحن وتستخدم فى أجهزة التليفون المحمول والكمبيوتر المحمول.

وفى بعض السيارات الحديثة كبديل لبطارية المركم الرصاص لخفة وزنها وقدرتها على تخزين كميات كبيرة من الطاقة بالنسبة لحجمها. وقد استخدم الليثيوم فى تركيبها لسببين أساسيين، هما أنه أخف فلز معروف وجهد اختزاله القياسى هو الأصغر بالنسبة لباقى الفلزات الأخرى ( $-3.04\text{V}$ ) ويحتوى الغلاف المعدنى للبطارية على ثلاثة رقائق ملفوفة بشكل حلزونى وهى:

١- الإنكترود الموجب (الكاثود) ويتكون من أكسيد الليثيوم كوبلت ( $\text{LiCoO}_2$ ).

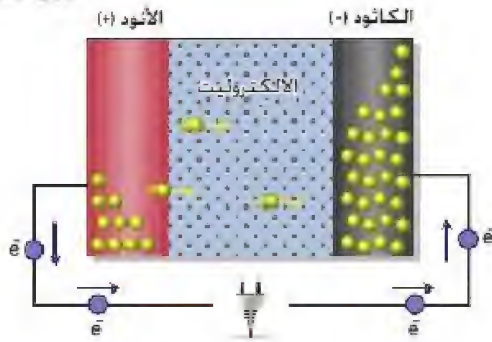
٢- الأنكترود السالب (الأنود) ويتكون من جرافيت الليثيوم ( $\text{LiC}_6$ ).

٣- العازل وهو مكون من شريحة رقيقة جدا من البلاستيك تعمل على عزل الإنكترود الموجب عن

السائب، بينما تسمح لأيونات بالمرور من خلاله.

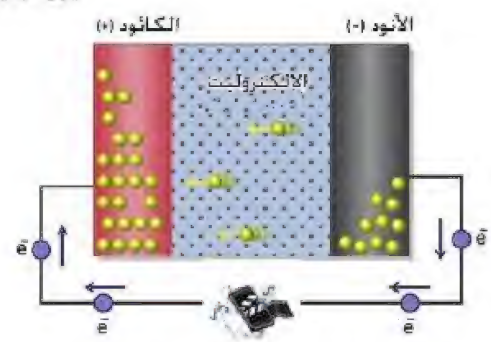
وتغمر الرقائق الثلاثة في إلكتروليت لامائي من سداسي فلوروفوسفيد الليثيوم ( $\text{LiPF}_6$ ).

أيون ليثيوم



عملية الشحن (شكل ٧ - ٤ ب)

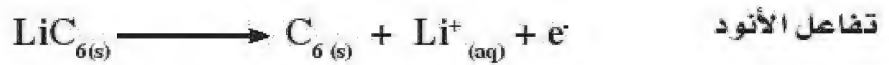
أيون ليثيوم



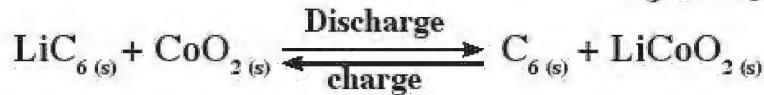
عملية التفريغ (شكل ٧ - ٤ أ)

(شكل ٧ - ٤) بطارية أيون الليثيوم

تحدث التفاعلات التالية عند تشغيل البطارية



والتفاعل الكلي الحادث هو :



وتعطي هذه الخلية قوة دافعة كهربائية  $E_{\text{cell}} = 3\text{V}$



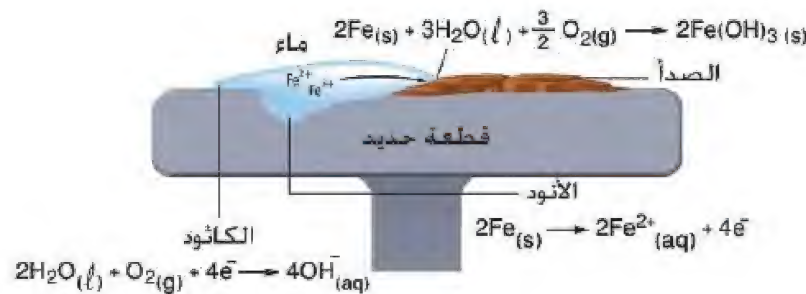
## تآكل المعادن

يتسبب تآكل المعادن في خسائر اقتصادية فادحة يؤدي إلى تدهور المنشآت المعدنية وخاصة الحديدية منها ويقدر الحديد المفقود نتيجة للتآكل بحوالي ربع إنتاج العالم منه سنويا ومن هنا كان الاهتمام بهذه الظاهرة ومحاولة التغلب عليها، وتعرف أى عملية تآكل كيميائى للفلزات بفعل الوسط المحيط بالصدأ.

### ميكانيكية التآكل:

فى معظم الحالات يكون تآكل الفلزات النقية صعبا - حتى الحديد لا يصدأ بسهولة إذا كان نظيا جدا ولكن معظم المعادن الصناعية تحتوى دائما على شوائب مختلفة تنشط عملية التآكل أى أن ملامسة فلز أقل نشاطا لفلز آخر أكثر نشاطا تسبب زيادة تآكل الفلز الأنشط فى هذا الوسط وعلى ذلك يمكن أن نستنتج أن تآكل الفلزات يحدث عن طريق تكون خلايا جلفانية يكون أنودها الفلز المتآكل أما الكاثود فيكون الفلز الأقل نشاطا أو الكربون الموجود فى صورة شوائب وهذا هو سبب تآكل الصلب.

ويمكن تفسير ميكانيكية تآكل الحديد والصلب كما يلي:



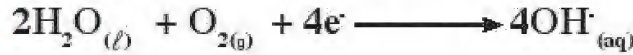
شكل (٤ - ٨) ميكانيكية صدأ الحديد والصلب

عند تعرض قطعة حديد للتشقق أو الكسر فإنها تكون خلية جلفانية مع الماء المذاب فيه بعض الأيونات والذى يقوم بدور المحلول الإليكترونى ويكون الأنود هو قطعة الحديد، ويتم التأكسد تبعا للمعادلة:

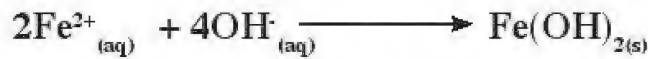


تصبح أيونات  $\text{Fe}^{2+}$  جزء من المحلول الإليكترونى، وتنتقل الإليكترونات خلال قطعة الحديد إلى الكاثود والذى تمثله شوائب الكربون الموجودة فى الحديد أى أن قطعة الحديد تقوم بدور كل من الأنود والدائرة الخارجية.

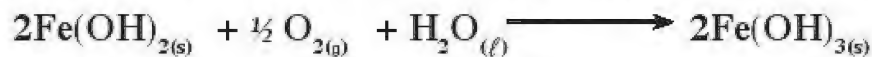
يتم عند الكاثود اختزال أكسجين الهواء إلى مجموعة الهيدروكسيد (OH<sup>-</sup>)



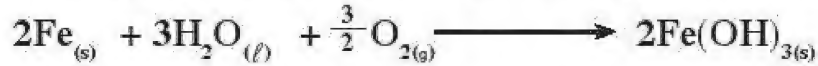
تتحد أيونات الحديد (Fe<sup>2+</sup>) مع أيونات الهيدروكسيد OH<sup>-</sup> مكونة هيدروكسيد الحديد II



يتأكسد هيدروكسيد الحديد II بواسطة الأكسجين الذائب في الماء إلى هيدروكسيد الحديد III



وبجمع المعادلات السابقة تنتج المعادلة الكلية لتفاعل خلية تأكل الحديد



والصدأ عملية بطيئة لأن الماء يحتوى على كميات محدودة من الأيونات ويتم الصدأ بأكثر سرعة إذا احتوى الماء على كميات أكبر من الأيونات، كما في ماء البحار.

**العوامل التي تؤدي إلى تآكل الفلزات:**

يمكن تقسيم العوامل التي تؤدي إلى تآكل الفلزات إلى قسمين:

١- عوامل تتعلق بالفلز نفسه. ٢- عوامل تتعلق بالوسط المحيط.

**(١) العوامل التي تتعلق بالفلز نفسه:**

أ- عدم تجانس السبائك : والفلزات المستخدمة في الصناعة غالباً ما تكون في صورة سبائك ومن الصعوبة تحضير هذه السبائك في صورة متجانسة التركيب ولهذا ينشأ عدد لا نهائى من الخلايا الموضعية تسبب تآكل الفلز الأكثر نشاطاً.

ب- اتصال الفلزات ببعضها: عند مواضع لحام الفلزات ببعضها أو استخدام مسامير برشام من فلز مختلف يؤدي ذلك إلى تكوين خلايا جلفانية موضعية تسبب تآكل الفلز الأنشط فعند تلامس الألومنيوم والنحاس يتآكل الألومنيوم أولاً وفي حالة تلامس الحديد والنحاس يتآكل الحديد أولاً.

٢- العوامل الخارجية: يعتبر الماء والأكسجين والأملاح من العوامل الخارجية التي تؤثر بشكل أساسي في عملية تآكل المعادن.

**وقاية الحديد من الصدأ:**

يعد الحفاظ على الفلزات وحمايتها من الصدأ وبالأخص الحديد من أساسيات حماية الاقتصاد العالمى



## الباب الرابع : الكيمياء الكهربائية

وفيما يلي بعض طرق حماية الحديد من الصدأ بتغطيته بمادة أخرى لعزله عن الوسط المحيط به، ويتم ذلك بإحدى وسيلتين هما :

( ١ ) الطلاء بالمواد العضوية كالزيت أو الورنيش أو السلاقون، وهي طريقة غير فعالة على المدى البعيد.

( ٢ ) التغطية بالفلزات المقاومة للتآكل فمثلا تجرى عملية ( جلفنة الصلب ) بغمس الصلب في الخارصين المنصهر كما يستخدم الماغنسيوم في وقاية الصلب المستخدم في صناعة السفن، والقصدير في وقاية الحديد المستخدم في صناعة علب المأكولات المعدنية،

### أ - الحماية الكاثودية (الغطاء الكاثودي) :

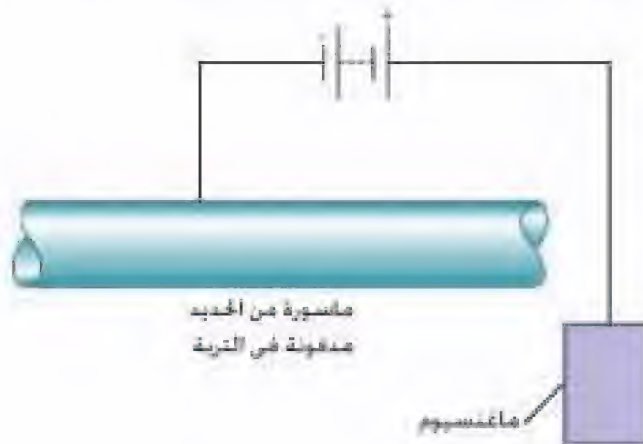
إذا كان الفلز الواقي أقل نشاطا (مثل القصدير) من الفلز الأصلي (مثل الحديد) تتكون خلية جلفانية يكون الحديد الفلز الأنشط هو الأنود والقصدير الفلز الأقل نشاطا هو الكاثود فيتآكل الحديد - لذا يصدأ الحديد المغطى بالقصدير عند الخدش أكثر وأسرع من الحديد .

### ب - الحماية الأنودية (الغطاء الأنودي) :

أي تغطية الفلز بفلز أكثر منه نشاطا مثل طلاء الحديد بالخارصين (جلفنة الحديد) حيث إن الخارصين يسبق الحديد في سلسلة الجهود الكهربائية فعندما تنشأ خلية جلفانية يكون الخارصين فيها هو الأنود فإنه يتآكل أولا بالكامل قبل أن يبدأ الحديد في التآكل ويستغرق هذا وقتا طويلا حيث أن تآكل الحديد يبدأ من سطحه.

ونظرا لأن هياكل السفن تكون دائما الاتصال بالماء المالح وكذلك مواسير الحديد المدفونة في التربة الرطبة، فإنها تكون أكثر عرضة للتآكل.. ولحمايتها يتم جعلها كاثودا وذلك بتوصيلها بالقطب السالب

لمصدر كهربى ويتم توصيل القطب الموجب بفلز آخر أكثر نشاطا من الحديد وليكن الماغنسيوم ليعمل كاثود، فيتآكل الماغنسيوم بدلا من الحديد، لذا يسمى الماغنسيوم بالقطب المضحى.



شكل ( ٤ - ٩ ) القطب المضحى



## ثانياً : الخلايا الإلكتروليتية Electrolytic cells

الخلايا الإلكتروليتية هي خلايا كهربية تستخدم فيها الطاقة من مصدر خارجي لإحداث تفاعل أكسدة - اختزال غير تلقائي الحدوث، وهي عبارة عن إناء كاثيود بالشكل (١٠-٤) يحتوي على محلول إلكتروليتي (سواء كان محلولاً لأحد الأملاح أو القواعد أو الأحماض أو مصهور لأحد الأملاح) مغموراً به قطبان من مادة واحدة (مثل الكربون أو البلاستيك) أو كل منهما من مادة مختلفة (مثل الكربون - البلاستيك - النحاس - الخارصين أو غيرها) ويوصل أحد القطبين بالقطب الموجب للبطارية ليصبح قطب موجب الشحنة وعنده تتم تفاعلات أكسدة Oxidation عند الأنود بينما القطب الثاني يوصل بالقطب السالب للبطارية وعنده تتم تفاعلات اختزال Reduction عند الكاثود.

وجدير بالذكر أن الإلكتروليتات التي تستخدم كموصلات في هذه الخلايا تختلف عن الموصلات الإلكتروليتية (القلويات) - وهناك نوعان من الإلكتروليتات السائلة - النوع الأول يشمل محاليل الأحماض والقلويات والأملاح والثاني مصهور الأملاح.

وعند توصيل القطبين بحيث يكون الجهد الواقع على الخلية يفوق قليلاً الجهد الانعكاسي للخلية يسرى تيار كهربى في الخلية الإلكتروليتية وهنا تتجه الأيونات الموجبة من المحلول الإلكتروليتي الموصل بين القطبين نحو القطب السالب (الكاثود) وتتبادل شحناتها باكتسابها إلكترونات (اختزال) بينما تتجه الأيونات السالبة من المحلول الإلكتروليتي نحو القطب الموجب (الأنود) وتتبادل شحناتها بفقد إلكترونات (أكسدة).

فإذا كان المحلول الإلكتروليتي في هذه الخلية عبارة عن محلول كلوريد النحاس ( $CuCl_2$ ) فإن تفاعلات الأكسدة - اختزال التالية سوف تحدث في الخلية الإلكتروليتية :

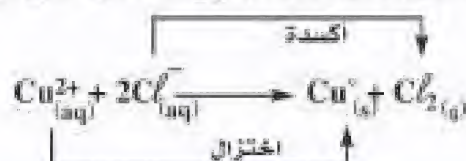
أ- تفاعل أكسدة المصعد (الأنود) وهو القطب الموجب



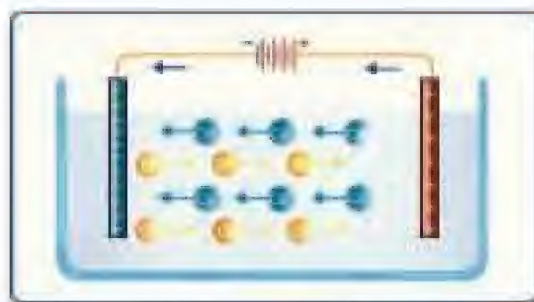
ب- تفاعل اختزال المهبط (الكاثود) وهو القطب السالب



ويكون التفاعل الكلى الحادث في الخلية هو مجموع تفاعلي الأنود والكاثود.







شكل (١-٦)

### خلية التحليل الكهربى للمحلول كلوريد النحاس II

وجهد الخلية = مجموع جهدى الأكسدة والاختزال لنصفى الخلية.

$$emf = -1.36 + 0.34 = -1.02V$$

والإشارة السالبة لجهد الخلية هنا تعنى أن التفاعل الكلى الحادث فى الخلية لا يتم تلقائيا إذا كان فى خلية جلفانية ولكنه يتم فى خلية إلكتروليتيية باستخدام طاقة كهربية من مصدر خارجي.

ويطلق على مثل هذه العملية التى تم فيها فصل مكونات المحلول الإلكتروليتى (مثل تصاعد الكلور

وترسيب النحاس) بالتحليل الكهربى Electrolysis

التحليل الكهربى ، هو التحلل الكيميائى للمحلول الإلكتروليتى بفعل مرور التيار الكهربى به.

### قوانين فاراداي للتحليل الكهربى:

مما سبق يتضح أنه يمكن استخدام ظاهرة مرور التيار الكهربى فى محاليل التوصيل الكهربى، وما يتبعها من تعادل أيونات هذه المحاليل وتحررها فى تطبيقات كثيرة صناعية ومعملية وحتى يمكن وضع أساس علمى لهذه العمليات. فقد قام العالم فاراداي باستنباط بالعلاقة بين كمية الكهرباء التى يتم تمريرها فى محلول وبين كمية المادة التى يتم تحريرها عند الأقطاب، ولخص هذه العلاقة فى قانونين سميا باسمه.

#### القانون الأول لفاراداي:

تناسب كمية المادة المتكونة أو المستهلكة عند أى قطب سواء كانت غازية أو صلبة تناسباً طردياً مع كمية الكهرباء التى تمر فى المحلول أو المصهور الإلكتروليتى.

**تحقيق القانون الأول لفاراداي** ، بتمرير كميات مختلفة من التيار فى نفس المحلول وحساب

نسبة كتل المواد المتكونة على الكاثود أو الذائبة من الأنود ومقارنة هذه النسب بنسب كميات الكهرباء التى تم تمريرها.

القانون الثاني لفاراداي:

كميات المواد المختلفة المتكونة أو المستهلكة بمرور نفس كمية الكهرباء في عدة إلكتروليات متصلة على التوالي تتناسب مع كتلتها المكافئة.

ويعبر عن القانون الثاني لفاراداي رياضياً بالعلاقة التالية:

$$\frac{\text{كتلة العنصر الأول}}{\text{كتلة العنصر الثاني}} = \frac{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الأول}}{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الثاني}}$$

وتعرف الكتلة المكافئة الجرامية بأنها كتلة المادة التي لها القدرة على فقد أو اكتساب مول واحد من الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائي

$$\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}} = \text{الكتلة المكافئة الجرامية}$$

ويمكن اختبار صحة قانون فاراداي الثاني بإمرار نفس كمية الكهرباء في مجموعة محاليل ، كبريتات النحاس (II) ونترات الفضة وكلوريد الألومنيوم شكل ( ٤ - ١١ )



شكل (٤ - ١١) التحليل الكهربائي لعدة محاليل إلكتروليتيّة

فنجد أن كتلة المواد المتكونة عند الكاثود في الخلايا وهي ، النحاس والفضة والألومنيوم على التوالي تتناسب مع الكتل المكافئة لهذه المواد، أي بنسبة  $\text{Al} : \text{Ag} : \text{Cu}$   $9 : 107.88 : 31.75$  على التوالي.  
(وكمية الكهرباء (بالكولوم) المارة تساوي حاصل ضرب شدة التيار (بالأمبير) المستخدم في الزمن (بالثانية) الذي تم تمريره خلاله).

$$\text{كمية الكهرباء (Coulomb)} = \text{شدة التيار (Ampere)} \times \text{زمن المرور (Second)}$$

$$[1C = 1A \cdot 1s]$$



### الأمبير والفاراداي،

تعرف وحدة شدة التيار الكهربائي بالأمبير وهي كمية الكهرباء التي إذا تم تمريرها لمدة ثانية واحدة في محلول أيونات فضة يتم ترسيب 1.118mg من الفضة.

ويتضح من ذلك أن ترسيب أو إذابة كتلة مكافئة جرامية من الفضة يتطلب 96500 C وهي أيضا نفس كمية التيار المطلوبة لترسيب أو إذابة الكتلة المكافئة الجرامية لأي عنصر آخر بناء على القانون الثاني لفاراداي. وقد أطلق على هذه الكمية وحدة الفاراداي حيث واحد فاراداي يساوي 96500 C تقريبا.

### القانون العام للتحليل الكهربى،

عند مرور واحد فاراداي (1F) (96500 C) خلال الإلكتروليت فإن ذلك يؤدي إلى ذوبان أو تصاعد أو ترسيب كتلة مكافئة جرامية من المادة عند أحد الأقطاب.

ولما كانت الذرة الجرامية من المادة تساوى حاصل ضرب الكتلة المكافئة الجرامية في عدد شحنات أيوناتها لذلك فإن وحدات الفاراداي اللازمة لترسيب g/atom من المادة تساوى حاصل ضرب الفاراداي في شحنة الأيون (Z) لذلك فإن كمية الكهرباء اللازمة لترسيب g/atom من الفضة في التفاعل



وكمية التيار الكهربى اللازمة لترسيب g/atom النحاس بناء على التفاعل



وعموما فإن كتلة المادة المترسبة يمكن حسابها بالعلاقة التالية :

كتلة المادة المترسبة (بالجرام) =

$$\frac{\text{شدة التيار (A)} \times \text{الزمن (s)} \times \text{الكتلة المكافئة للمادة المترسبة}}{96500}$$

96500

مثال (١)

ما كتلة كل من الذهب والكلور الناتجين من إمرار 10000 C من الكهرباء في محلول مائى من كلوريد

الذهب (III) علما بأن التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب هي :



الحل:

$$65.6631 \text{ g} = \frac{196.98}{3} \text{ الكتلة المكافئة للذهب}$$

$$35.45 \text{ g} = \frac{35.45}{1} = \frac{\text{الكتلة الذرية}}{1} = \text{الكتلة المكافئة للكلور}$$

$$\text{كمية التيار } C \times \text{الكتلة المكافئة للذهب} = \text{كتلة الذهب المترسب} = 96500 \text{ C}$$

$$\frac{65.66 \times 10000}{96500} = 6.8 \text{ g}$$

$$3.67 \text{ g} = \frac{35.66 \times 10000}{96500} = \text{وبالمثل فإن كتلة الكلور المتصاعد}$$

مثال (٢)،

ما كمية الكهرباء مقدرة بالكولوم اللازمة لفصل 5.6g من الحديد من محلول كلوريد الحديد (III) علما بأن تفاعل الكاثود هو:



الحل:

$$18.62 \text{ g} = \frac{55.86}{3} = \frac{\text{الكتلة الذرية}}{3} = \frac{\text{الكتلة الذرية}}{\text{التكافؤ}} = \text{الكتلة المكافئة للحديد}$$

ومعنى ذلك أن:

ترسيب 18.62g حديد يحتاج إلى 96500 C

وأن ترسيب 5.6 جم حديد يحتاج إلى C (x)

$$29022.5 \text{ C} = \frac{96500}{18.62} = \frac{\text{كتلة المادة المترسبة} \times 96500}{\text{الكتلة المكافئة للمادة المترسبة}}$$



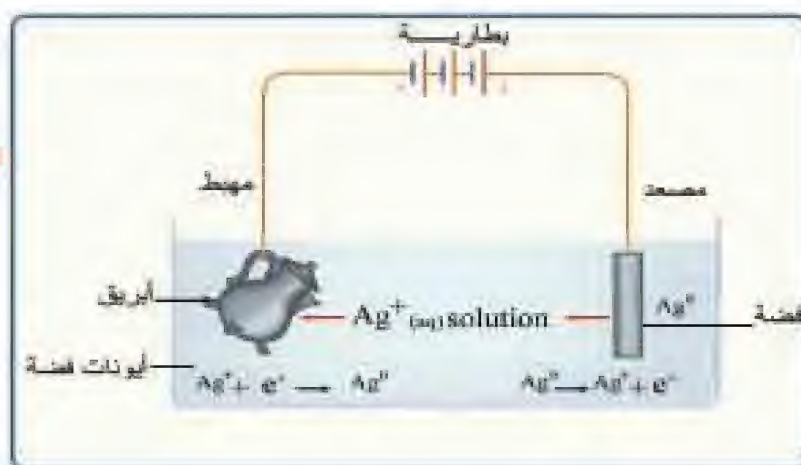
## تطبيقات على التحليل الكهربى

### ١- الطلاء بالكهرباء Electroplating

هى عملية تكوين طبقة رقيقة من فلز معين على سطح فلز آخر لإعطائه مظهرا جميلا ولامعا أو لحمايته من التآكل ذ فنجد مثلا أن بعض أجزاء السيارات المصنوعة من الصلب تطلّى كهربيا بطبقة من الكروم لتأخذ شكلا جماليا وأيضا لحمايتها من التآكل وكذلك فإن بعض الأدوات الصحية مثل الصنابير والخلاطات تطلّى كهربيا بالكروم أو الذهب كذلك يستفاد من عملية الطلاء الكهربى فى رفع قيمة بعض الفلزات والمعادن الرخيصة بعد طلائها بالكروم أو الذهب أو الفضة .

فإذا أخذنا مثلا طلاء إبريق بطبقة من الفضة ، فإنه يتم أولا تنظيف سطح الإبريق تماما ثم يغمس فى محلول إلكترولى يحتوى على أيونات الفضة (نترات الفضة مثلا) ويوضع فى المحلول أيضا عمود من فلز الفضة ، ويوصل الإبريق بالقطب السالب لبطارية ، ويصبح بذلك مهبطا (كاثودا) ويوصل عمود الفضة بالقطب الموجب ، ويصبح بذلك مصعدا (أنودا) ، كما هو موضح بالشكل (٤-١٢)

شكل (٤-١٢)  
الطلاء بالكهرباء

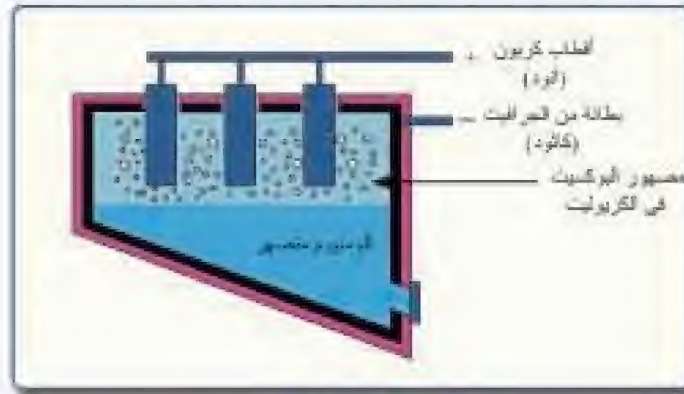


### ١- استخلاص الألومنيوم

يستخلص الألومنيوم كهربيا من خام البوكسيت ( $Al_2O_3$ ) المذاب فى مصور الكريوليت ( $Na_3AlF_6$ ) Cryollite المحتوى على قليل من الفلورسبار ( $CaF_2$ ) لخفض درجة انصهار المخلوط من  $950^\circ C$  إلى  $2045^\circ C$  وحديثا يستعاض عن الكريوليت باستخدام مخلوط من أملاح فلوريدات كل من الألومنيوم ، الصوديوم ،

والكاسيوم حيث يعطى هذا الخليط مع البوكسيت مصهورا يتميز بانخفاض درجة انصهاره وكذلك انخفاض كثافته مقارنة بالمصهور مع الكربوليت. وانخفاض كثافة المصهور يسهل فصل الألومنيوم المنصهر والذي يكون راسبا في قاع خلية التحليل الكهربى.

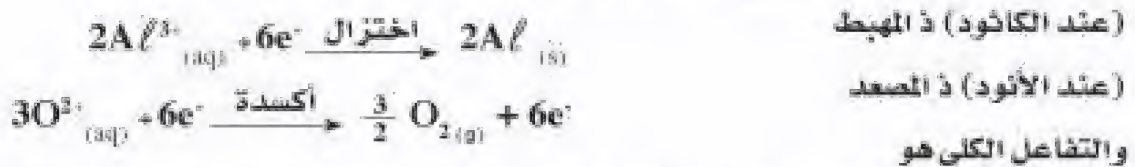
والشكل ( ١٣-٤ ) يمثل رسما تخطيطيا لخلية التحليل الكهربى المستخدمة.



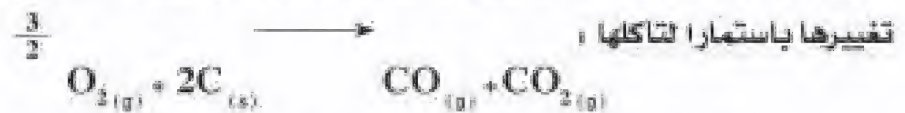
شكل (١٣-٤)

خلية التحليل الكهربى للبوكسيت

وفى هذه الخلية يكون المهبط (الكاثود) هو جسم إناء الخلية المصنوع من الحديد والمبطن بطبقة من الكربون (جرافيت) بينما يكون المصعد (الأنود) عبارة عن اسطوانات من الكربون (جرافيت) وعند مرور التيار الكهربى بين قطبى الخلية يحدث تفاعل أكسدة واختزال :



ويتفاعل الأكسجين المتصاعد مع أقطاب الكربون مكونات غازات أول وثانى أكسيد الكربون لذا يلزم



ويسحب الألومنيوم من الخلية من خلال فتحة خاصة بذلك.

### ٣- تنقية المعادن :

تكون درجة نقاوة المعادن التى يتم تحضيرها فى الصناعة أقل من درجة نقاوتها المطلوبة لبعض الاستخدامات المعينة ، وبالتالي تقلل من كفاءتها ، فمثلا النحاس الذى نقاوته 99% يحتوى على شوائب الحديد والخراسين والذهب والفضة ، التى تقلل من قابلية النحاس للتوصيل الكهربائى وأيضا من جودته لذلك تستخدم طريقة التحليل الكهربى لتنقية النحاس الذى يراد استعماله فى صناعة الأسلاك الكهربائية.

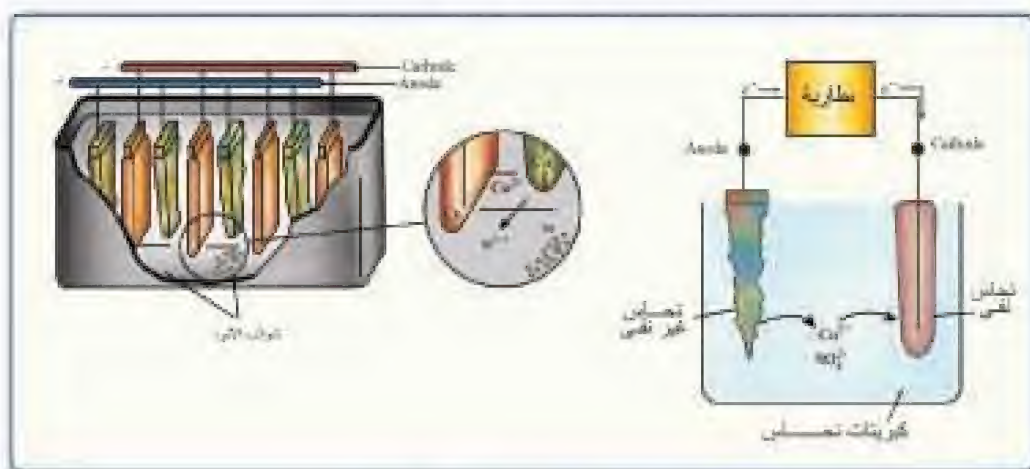


## الباب الرابع : الكيمياء الكهربائية

ويكون الأنود ( القطب الموجب) في خلية التحليل الكهربى هو فلز النحاس ( $\text{Cu}^0$ ) غير النقى ويكون الكاثود ( القطب السالب) من سلك أو رقائق النحاس النقى ، ومحلل التوصيل الكهربى يكون عبارة عن محلول مائى من كبريتات النحاس التى تتفكك جزئياتها فى الماء إلى أيونات النحاس ( $\text{Cu}^{2+}$ ) والكبريتات ( $\text{SO}_4^{2-}$ )



وعند مرور التيار الكهربائى من البطارية الخارجية عند جهد يزيد قليلا عن الجهد القياسى لنصف خلية النحاس، تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة فى الشحنة .



(شكل ١١-١) تنقية النحاس كهربياً

فعند المصعد (الأنود) يذوب النحاس (يتأكسد) ويتحول إلى أيونات نحاس  $\text{Cu}^{2+}$  تنتشر فى المحلول ثم تعود وترسب أيونات النحاس هذه من المحلول فى صورة نحاس نقى مرة أخرى عند الكاثود



أما الشوائب الموجودة أصلا فى مادة المصعد (الأنود)، فإن بعضها يذوب (يتأكسد) فى المحلول مثل الحديد واليخارصين ولكنها لا تترسب على الكاثود لصعوبة اختزالها بالنسبة لأيونات النحاس



وبالنسبة للشوائب الأخرى مثل الذهب والفضة إذا وجدت فى مادة الأنود فلا تتأكسد (لا تذوب) عند جهد تأكسد النحاس وتتساقط أسفل الأنود وتزال فى قاع الخلية ويمكن بهذه الطريقة الحصول على نحاس درجة نقاوته 99.95% بالإضافة إلى إمكانية فصل بعض المعادن النفيسة مثل الذهب والفضة من خامات النحاس كما يتضح بالشكل (٤ - ١٤)

## التقويم

### السؤال الأول:

اختر الجاية الصحيحة من بين الأقواس :

- ١ - المواد التي توصل التيار عن طريق حركة أيوناتها هي موصلات .....  
(معدنية ذ إلكترونية ذ إلكترونية ذ إلكترونية)
- ٢ - الأنظمة التي يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة لحدوث تفاعل أكسدة واختزال يشكل تلقائي هي .....  
(خلايا إلكترونية ذ خلايا جلفانية ذ خلايا شمسية)
- ٣ - القطب الذي يحدث عنده عملية الاختزال في الخلايا الجلفانية هو .....  
(القطب الموجب ذ الأنود ذ الكاثود)
- ٤ - القطب الذي يحدث عنده عملية الأكسدة في الخلايا الإلكترونية هو .....  
(القطب السالب ذ الأنود ذ الكاثود)
- ٥ - الجسيمات المادية المتحركة في المصهور أو المحلول والغنية بالإلكترونات هي .....  
(الأيونات الموجبة ذ الأيونات السالبة ذ الجزيئات)
- ٦ - جهد قطب الهيدروجين القياسي له قيمة .....  
(صفر ذ موجبة ذ سالبة)
- ٧ - عند مرور كمضية من الكهرباء في خلايا إلكترونية متصلة على التوالي فإن كتل العناصر المتكونة عند الأقطاب تتناسب مع .....  
(كتلها الذرية ذ أعدادها الذرية ذ كتلها المكافئة)
- ٨ - إذا كانت قيمة جهود الاختزال القياسية لكل من الخارصين  $-0.762V$  والنيكل  $-0.230V$  على الترتيب فإن  $emf$  للخلية هي .....  $V$   
((0.53) / (0.76) / (0.99))



**السؤال الثاني :**

- ١ - أحسب كمية الكهرباء بالفاراداي اللازمة لترسيب مول من الألومنيوم عند التحليل الكهربى لمصهور  $Al_2O_3$ .  
(Al=27)
- ٢ - أحسب كتلة الكالسيوم المترسبة عند الكاثود نتيجة مرور كمية من الكهرباء مقدارها ،  
98650 Coul. فى مصهور كلوريد الكالسيوم.  
(Ca=40)
- ٣ - أكتب الرمز الاصطلاحي لخلية جلفانية مكونة من قطب  $Sn^{2+} / Sn$  وقطب  $Ag^+ / Ag$   
ثم أحسب emf إذا علمت أن جهد الاختزال القياسى لكل من القصدير -0.147V والفضة 0.8V

**السؤال الثالث :**

حل لما يأتى :

- ١ - أهمية خلايا الوقود بالنسبة لمركبات الفضاء
- ٢ - تفضل بطارية أيون الليثيوم عن بطارية المركم الرصاصى الحامضى

**السؤال الرابع :**

وضح التفاعلات التى تحدث داخل كلا من :

- أ- خلية الوقود
- ب- مركم الرصاص (شحن وتفريغ)
- ج- خلية الزئبق
- د- بطارية الليثيوم أيون

**السؤال الخامس :**

أعطيت ملعة نحاسية ما هى الخطوات الواجب اتباعها لطلائها بطبقة من الفضة ، مع كتابة المعادلات التى تحدث عند كل من الكاثود والأنود (الهيدروكسيد والصعد)

**السؤال السادس :**

كيف يمكن الحصول على الألومنيوم من البوكسيت ؟

**السؤال السابع :**

النحاس النقي (99%) يحتوى على نسبة من الشوائب. وضح كيف يمكن تنقيته من الشوائب للحصول على نحاس نقاوة 99.95%

**السؤال الثامن :**

اكتب الرمز الاسطلاحى للخلية الجلفانية التى يحدث بها التفاعل التالى :



ثم بين :

أ - الكاثود والأنود (المهبط والمصعد)

ب - اتجاه سريان التيار

**السؤال التاسع :**

كم دقيقة تكزم لاتمام ما يلى :

أ - إنتاج 10500 C من تيار شدته 25A.

ب - ترسيب 21.5g من الفضة من محلول نترات الفضة بمرور تيار شدته 10A

**السؤال العاشر :**

احسب كمية الكهرباء ( بالفاراداي ) اللازمة لترسيب 10g من الفضة على سطح شوكة خلال عملية

الطلاء بالكهرباء ( Ag - 108 )



**السؤال الحادى عشر :**

كيف يمكن الحصول على الذهب الخالص من سلك نحاسى يحتوى على شوائب من الذهب ؟

**السؤال الثانى عشر :**

قارن بين كل من المهبط (الكاثود) والمصعد (الأنود) فى الخلايا الجلفانية والخلايا الالكتروكيميائية.



# الباب الخامس

## الكيمياء العضوية



### الأهداف

- في نهاية دراسة الطالب لثواب الكيمياء العضوية ينبغي أن يكون قادراً على أن :
  - يستنتج أن الكيمياء علم تجريبي .
  - يقارن بين المركبات العضوية وغير العضوية .
  - يميز بين الصيغ الجزيئية والصيغ البنائية .
  - يرسم متشكلات مختلفة للصيغة الجزيئية الواحدة :
  - يجري تجربة للكشف عن الكربون والهيدروجين في المواد العضوية .
  - يصنف الهيدروكربونات إلى أنواعها المختلفة .
  - يعرف تسمية المركبات العضوية بنظام الأيوباك .
  - يشرح طرق تحضير الهيدروكربونات ويكتب معادلات التفاعل ويرسم أجهزة التحضير .
  - يشرح الأهمية الاقتصادية للهيدروكربونات ومشتقاتها .
  - يميز بين الكحولات والفينولات .
  - يفرق بين تصنيف الكحولات حسب مجموعة الهيدروكسيل أو حسب ارتباط الكاربينول .
  - يتعرف تسمية الكحولات .
  - يتعرف التفاعلات المميزة للكحولات .
  - يوجد العلاقة بين الكحولات والمركبات العضوية الأخرى مثل الألدهيدات والكييتونات والاحماض .
  - يتعرف الأهمية الاقتصادية للكحولات .
  - يجري تجارب للكشف عن الايثانول والفينول .
  - يتعرف المجموعات الوظيفية لكل من الأحماض والأسترات .
  - يتعرف أنواع الأحماض الكربوكسيلية .
  - يعرف تسمية الأحماض والأسترات .
  - يتعرف الخواص العامة للأحماض .
  - يعرف الأهمية الاقتصادية لكل من الأحماض والأسترات .



- يعرف أنواع التفاعلات العضوية المختلفة وكيف أسهمت في تحضير العديد من المنتجات التي يستخدمها في حياته اليومية .
- يستنتج أن الكيمياء علم ذو حدين فهي كما تسعده في حياته يمكنها أن تدمره إن لم يحد من أخطارها .
- يقدر جهود العلماء في تطور علم الكيمياء العضوية .

## الكيمياء العضوية

### نبذة تاريخية:

استخدم الإنسان في حياته منذ القدم كثيراً من المواد التي استخلصها من الحيوانات والنباتات مثل الدهون والزيوت والسكر والخل والكحول والعطور . كما استخدم المصريون القدماء العقاقير في عمليات التحنيط والأصبغ ذات الألوان الثابتة التي مازالت ناصعة حتى الآن على معايدهم .

وفي عام 1806 قسم العالم **برزيليوس** المركبات إلى نوعين :

- أ - المركبات العضوية وهي المركبات التي تستخلص من أصل نباتي أو حيواني .
- ب - المركبات غير العضوية وهي المركبات التي تأتي من مصادر معدنية من الأرض .

### نظرية القوى الحيوية : Vital Force

أعتبر **برزيليوس** أن المركبات العضوية هي المركبات التي تتكون داخل خلايا الكائنات الحية بواسطة قوى حيوية ولا يمكن تحضير هذه المركبات في المختبرات .  
في عام 1828 وجه العالم الألماني **فوهلر** ضربة قاضية لنظرية القوى الحيوية حيث تمكن من تحضير اليوريا ( البولينا ) ( وهو مركب عضوي يتكون في بول الثدييات ) في المختبر وذلك من تسخين محلول مائي لمركبين غير عضويين هما كلوريد الأمونيوم وسيانات الفضة .



وكانت هذه هي البداية التي انطلق منها العلماء ليملئوا الدنيا بمركباتهم العضوية في شتى مناحي الحياة من عقاقير ومنظفات وأصبغ وبلاستيك وأسمدة ومبيدات حشرية ... الخ .  
وأصبحت المادة العضوية تعرف على أساس بنيتها التركيبية وليس على أساس مصدرها لأن معظم المركبات العضوية التي حضرت في المختبرات لا تتكون إطلاقاً داخل الكائنات الحية . ويهتم علم الكيمياء العضوية بدراسة مركبات عنصر الكربون ( باستثناء أكاسيد الكربون وأملاح الكربونات والسيانيد ) . أما علم الكيمياء غير العضوية فيهتم بدراسة بقية

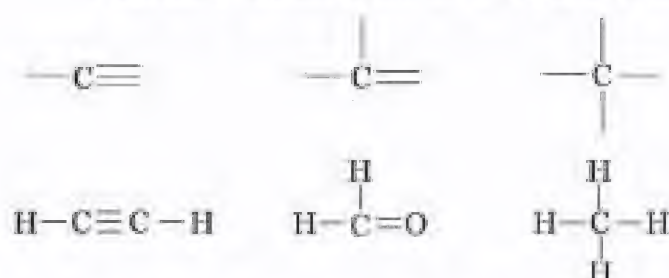


## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

العناصر المعروفة . وقد يتطرق إلى الذهن أن عدد المركبات غير العضوية أكثر من عدد المركبات العضوية - ولكن العكس هو الصحيح . فعدد المركبات العضوية يتعدى العشرة ملايين ويزيد يوما بعد يوم ، أما جميع المركبات غير العضوية فلا يتعدى النصف مليون . أى أن النسبة بين المركبات العضوية إلى غير العضوية ٢٠ - ١ تقريبا .

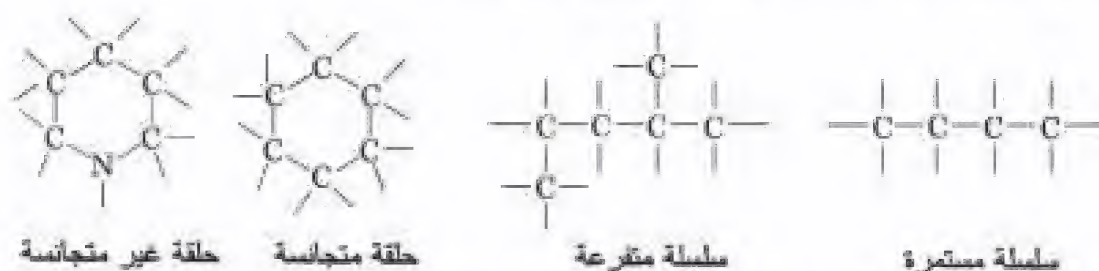
### ما سبب وفرة المركبات العضوية ؟

ترجع وفرة المركبات العضوية إلى قدرة ذرات الكربون على الارتباط مع نفسها أو مع غيرها بطرق عديدة . فقد ترتبط بروابط أحادية أو ثنائية أو ثلاثية .



مثل:

أو قد ترتبط ذرات الكربون مع بعضها بطرق مختلفة إما على هيئة سلاسل مستمرة أو سلاسل متفرعة أو حلقات متجانسة أو غير متجانسة .



وأمام هذا الكم الهائل من المركبات العضوية كان لزاماً على العلماء تصنيف هذه المركبات بشكل منظم في مجموعات قليلة العدد نسبياً ووضعوا أسساً لتسميتها وسنلقى لاحقاً الضوء على بعض هذه المجموعات، وسندرس بعض التفاعلات المهمة ، وهدفنا من ذلك هو تقديم فكرة عامة عن بعض الموضوعات المهمة في مجال الكيمياء العضوية وأهميتها في حياتنا .

## الفرق بين المركبات العضوية وغير العضوية

### تدريب عملي :

أحضّر بعض المواد العضوية الصلبة (مثل شمع البرافين والنفثالين) والمواد السائلة (مثل الكحول الايثيلي والاسيتون والجلسرين) وبعض المواد غير العضوية السائلة (مثل الماء) والصلبة (مثل ملح الطعام وكبريتات النحاس) .

قارن بين المواد العضوية وغير العضوية من حيث الذوبان - درجة الانصهار - الغليان - القابلية للاشتعال - الرائحة - التوصيل الكهربى .

ويمكن أن نستنتج من هذه التجارب وغيرها الفرق بين المركبات العضوية وغير العضوية كما يوضحه الجدول التالى :

وجه المقارنة	المركبات العضوية	المركبات غير العضوية
١- التركيب الكيميائى	يشترط أن تحتوى على عنصر الكربون .	قد تحتوى الكربون بالإضافة لعناصر أخرى .
٢- الذوبان	لا تذوب فى الماء غالباً - وتذوب فى المذيبات العضوية مثل البنزين .	تذوب غالباً فى الماء .
٣- درجة الانصهار	منخفضة .	مرتفعة .
٤- درجة الغليان	منخفضة .	مرتفعة .
٥- الرائحة	لها روائح مميزة غالباً .	عديمة الرائحة غالباً .
٦- الاشتعال	تشتعل وينتج دائماً $H_2O, CO_2$	غير قابلة للاشتعال غالباً وإذا اشتعل بعضها تنتج غازات أخرى .
٧- أنواع الروابط فى الجزيء .	روابط تساهمية .	روابط أيونية وتساهمية .
٨- التوصيل الكهربى	مواد غير إلكتروليتيّة لا توصل التيار الكهربى، لعدم قدرتها على التأين	مواد إلكتروليتيّة توصل التيار الكهربى غالباً، نظراً لقدرتها على التأين
٩- سرعة التفاعلات	بطيئة لأنها تتم بين جزيئات .	سريعة لأنها تتم بين أيونات .
١٠- البلمرة أو التجمع	تتعيّز بقدرتها على تكوين بوليمرات .	لا توجد غالباً .
١١- المشابهة الجزيئية (الايزوميرزم)	توجد بين كثير من المركبات .	لا توجد غالباً بين جزيئات مركباتها هذه الخاصية .



## الصيغة الجزيئية والصيغة البنائية للمركبات العضوية

### الصيغة الجزيئية : Molecular Formula

هي صيغة تبين نوع وعدد ذرات كل عنصر في المركب فقط ولا تبين طريقة ارتباط الذرات مع بعضها في الجزيء .

### الصيغة البنائية : Structural Formula

هي صيغة تبين نوع وعدد ذرات كل عنصر في الجزيء وطريقة ارتباط الذرات مع بعضها بالروابط التساهمية . فعدد الروابط التساهمية حول الذرة تبين تكافؤها فكل رابطة تساهمية واحدة تمثل تكافؤاً واحداً. ولكل عنصر يدخل في تركيب المركبات العضوية تكافؤ محدد وثابت وهو في ذرة الكربون (رباعي) وفي ذرة الهيدروجين (أحادي) وفي ذرة الأكسجين (ثنائي) وفي ذرة النيتروجين (ثلاثي).



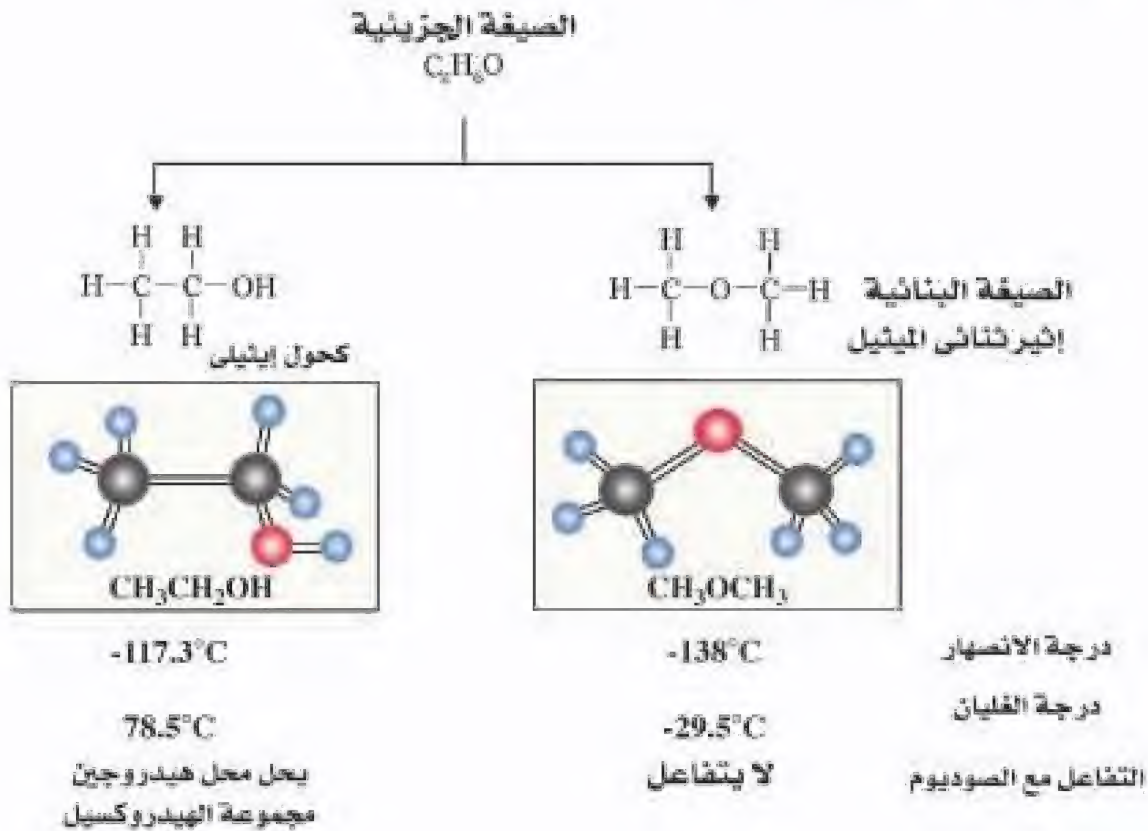
### تدريب : وضع الصيغة البنائية للمركبات الآتية :

الصيغة الجزيئية	$\text{CH}_4\text{O}$	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$
الصيغة البنائية	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{C} = & \text{C} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} & \text{Cl} \\   &   \\ \text{H} - \text{C} - & \text{C} - \text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$

### المشابهة الجزيئية ( التشكل ) : Isomerism

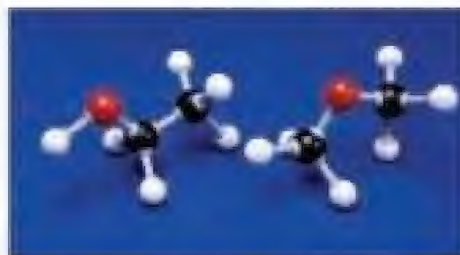
هي ظاهرة وجود عدة مركبات عضوية تشترك في صيغة جزيئية واحدة ولكنها تختلف عن بعضها في صيغتها البنائية والخواص الكيميائية والفيزيائية.

ويتضح ذلك في الصيغة الجزيئية  $C_2H_6O$  التي تمثل مركبين مختلفين تماماً هما الكحول الإيثيلي و إثير ثنائي الميثيل .



### ملحوظة :

كتابة الصيغ البنائية تظهر الجزيء كما لو كان مسطحاً - إنما هو في الواقع جزيء مجسم تتجه ذراته في الأبعاد الفراغية الثلاثة ولتوضيح شكل الجزيء الصحيح يجب استخدام النماذج الجزيئية وهي أنواع عديدة - أحد هذه الأنواع يستخدم كرات من البلاستيك وتمثل فيه ذرات كل عنصر بلون معين وحجم معين .

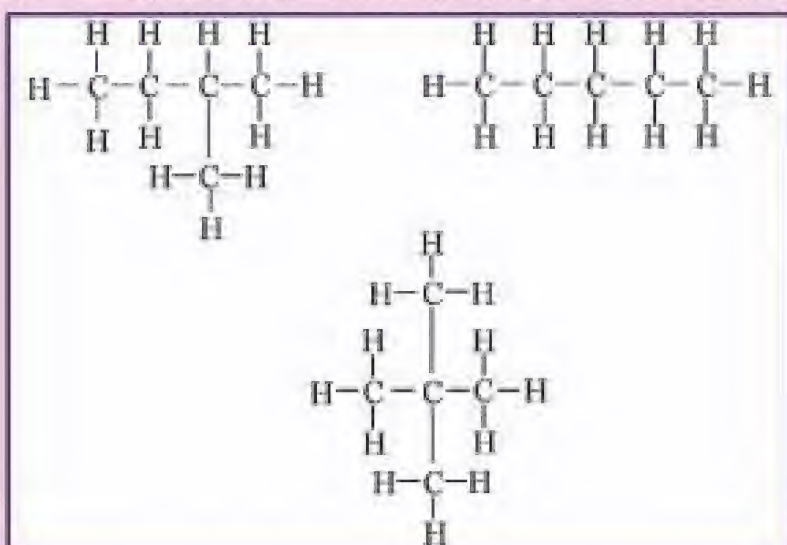


النماذج الجزيئية شكل ( ٥ - ١ )



**تمرين:** أرسم متشكلات للصيغة الجزيئية  $C_5H_{12}$  (يفضل تكوينها باستخدام النماذج الجزيئية)

**الحل:**

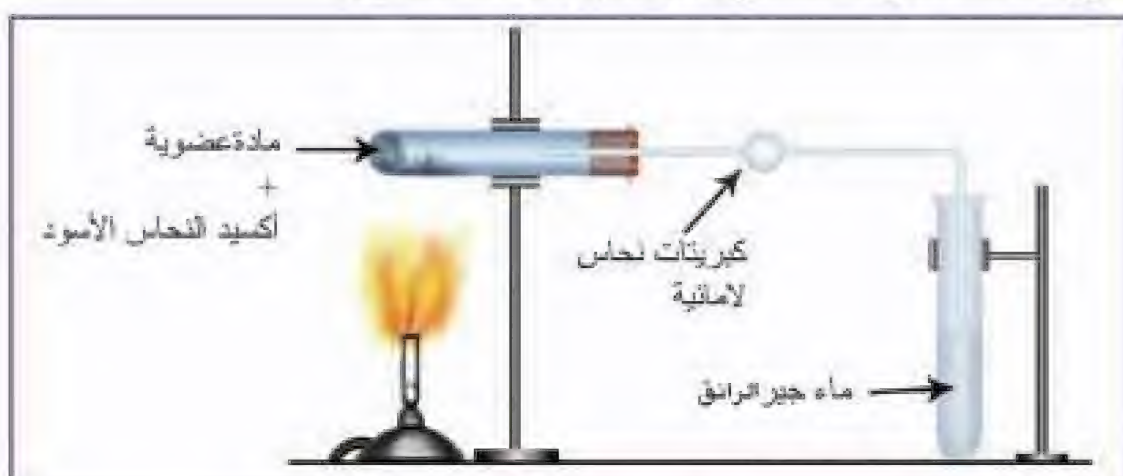


### الكشف عن الكربون والهيدروجين في المركبات العضوية:

#### تجربة عملية:

ضع في أنبوبة اختبار قليل من أي مادة عضوية ( قماش - جلد - ورق - بلاستيك ) واخلطها مع أكسيد النحاس (II)  $CuO$  في أنبوبة اختبار تتحمل الحرارة ثم سخن ثم أمرر الأبخرة والغازات الناتجة على مسحوق كبريتات النحاس (III) اللامائية البيضاء - ثم على ماء الجير (شكل ٥ - ٢).

دون مشاهداتك وماذا تستنتج؟ ثم أكتب معادلات التفاعل .



تجربة الكشف عن الكربون والهيدروجين في المركبات العضوية

شكل (٥ - ٢)

### الملاحظة :

- ١ - يتحول لون كبريتات النحاس الأبيض إلى اللون الأزرق مما يدل على امتصاصها لبخار الماء الذي تكون من أكسجين أكسيد النحاس وهيدروجين المادة العضوية .
- ٢ - يتعكر ماء الجير مما يدل على خروج غاز ثاني أكسيد الكربون الذي تكون من أكسجين أكسيد النحاس وكربون المادة العضوية .

### الاستنتاج :

المركب العضوي يحتوى على عنصرى الكربون والهيدروجين :



### تصنيف المركبات العضوية

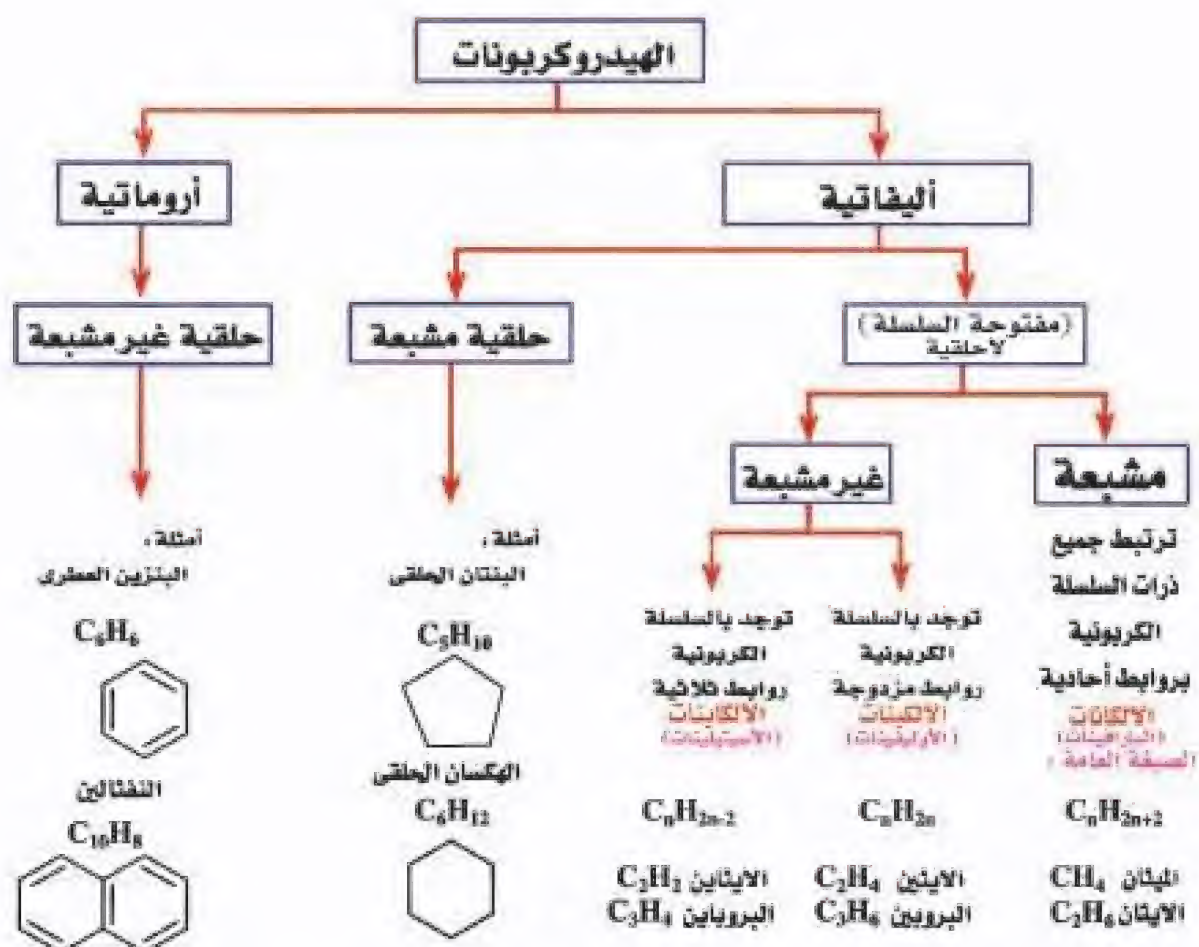
يتكون البناء الأساسى لآى مركب عضوى من عنصرى الكربون والهيدروجين فيما يعرف بالهيدروكربونات وتعتبر كافة أنواع المركبات العضوية الباقية مشتقات للهيدروكربونات.

### الهيدروكربونات Hydrocarbons

هى مركبات عضوية تحتوى على عنصرى الكربون والهيدروجين فقط .

ويمكن تقسيم الهيدروكربونات إلى الأقسام المبينة فى الجدول التالى وسنتناول دراسة كل قسم منها بالتفصيل بعد ذلك .





وبين الجدول أسماء وصيغ العشرة مركبات الأولى في سلسلة الالكانات .

الاسم	الصيغة	$C_n H_{2n+2}$
ميثان	$CH_4$	$CH_4$
ايثان	$CH_3-CH_3$	$C_2H_6$
بروبان	$CH_3-CH_2-CH_3$	$C_3H_8$
بيوتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_4H_{10}$
بنتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_5H_{12}$
هكسان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_6H_{14}$
هبتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_7H_{16}$
أوكتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_8H_{18}$
نونان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_9H_{20}$
ديكان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_{10}H_{22}$

ومن الجدول السابق نلاحظ ما يلي :

- ١ - جميع الالكانات لها الصيغة العامة  $C_n H_{2n+2}$  حيث (n) عدد ذرات الكربون .
  - ٢ - كل مركب يزيد عن الذي يسبقه بمجموعة ميثيلين ( $-CH_2-$ ) .
  - ٣ - جميع مركبات السلسلة تنتهي بالمقطع أن (ane) الذي يدل على انتمائه لسلسلة الالكانات
- أما المقطع الأول من الاسم فيدل غالباً على عدد ذرات الكربون ( ميث = 1 ، Meth ، ايث = 2 ، Eth ، بروب = 3 ، Prop ، بيوت = 4 ، But ، بنت = 5 ، Pent .... وهكذا ) وتكون الالكانات سلسلة متجانسة .

#### السلسلة المتجانسة : Homologous Series

هي مجموعة من المركبات يجمعها قانون جزئى عام وتتشترك في خواصها الكيميائية وتندرج في خواصها الفيزيائية مثل (درجة الغليان) .

وتلعب الالكانات دوراً هاماً كوقود ومواد أولية تستخدم في تحضير العديد من المركبات العضوية الأخرى . وتوجد بكميات كبيرة في النفط الخام . ويتم فصلها بواسطة التقطير التجزيئى .



## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

هالميثان يوجد بنسبة تتراوح بين 50% إلى أكثر من 90% في الغاز الطبيعي المستخدم حالياً كوقود في المنازل. كما يعبا البروبان والبيوتان في اسطوانات ويستخدم أيضاً كوقود. أما الالكانات الأطول في السلسلة الكربونية فتوجد في الكيروسين وزيت الديزل وزيوت التشحيم وشمع البارافين.

### مجموعة أو شق الالكيل (R- Alkyl Radical):

هي مجموعة ذرية لا توجد منفردة وتشتق من الالكان المقابل بعد نزع ذرة هيدروجين منه - وتسمى باسم الالكان المشتقة منه باستبدال المقطع (ن) بالمقطع (يل) - ويرمز لها بالرمز (R) وصيغتها العامة  $C_nH_{2n+1}$ ، ويبين الجدول التالي أمثلة لذلك :-

$R-H \xrightarrow{-H} (R-)$		
ألكان	شق الكيل	أمثلة
$C_nH_{2n+2}$	$C_nH_{2n+1}$	
$CH_4$ ميثان	- $CH_3$ ميثيل	$CH_3Cl$ كلوريد ميثيل
$C_2H_6$ إيثان	- $C_2H_5$ إيثيل	$C_2H_5Br$ بروميد إيثيل
$C_3H_8$ بروبان	- $C_3H_7$ بروبيل	$C_3H_7I$ يوديد البروبيل
$C_4H_{10}$ بيوتان	- $C_4H_9$ بيوتيل	$C_4H_9Cl$ كلوريد بيوتيل

### تسمية الالكانات ( بنظام الايوباك ) :

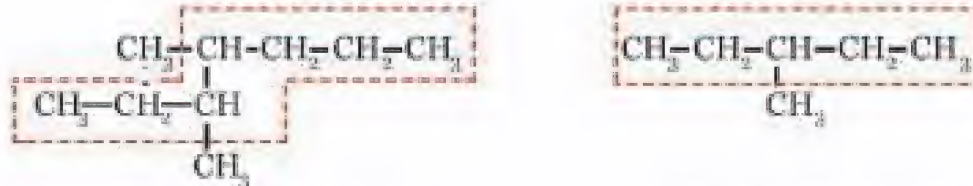
استخدم الكيميائيون القدماء أسماءاً للمركبات العضوية القليلة التي كانوا يعرفونها آنذاك وكانت هذه الأسماء تشير غالباً إلى المصدر الذي استخلص منه هذا المركب وعرفت هذه الأسماء بالأسماء الشائعة. ومع التقدم المستمر وكثرة المركبات العضوية اتفق علماء الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية .

**International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)**

على إتباع نظام معين في تسمية أي مركب عضوي تمكن كل من يقرأه أو يكتبه من التعرف الدقيق على بناء هذا المركب .

والاسم الشائع أو القديم للالكانات هو البارافينات ويتبع في تسميتها الخطوات التالية :

١ - تحدد أطول سلسلة كربونية متصلة ( سواء كانت مستقيمة أو متفرعة ) ومنها يحدد اسم الالكان .



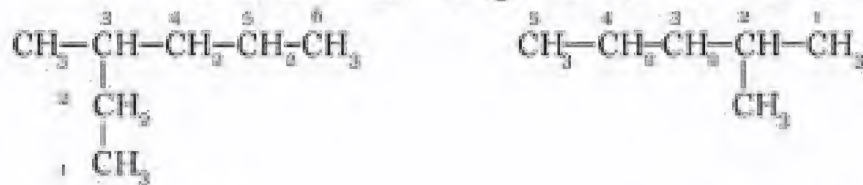
السلسلة الأساسية هي الهبتان

السلسلة الأساسية هي البنتان

٢ - ترقيم ذرات الكربون :

أ - إذا كانت أطول سلسلة كربونية خالية من التفرعات - ترقيم ذرات الكربون من أى طرف هي السلسلة الأيمن أو الأيسر .

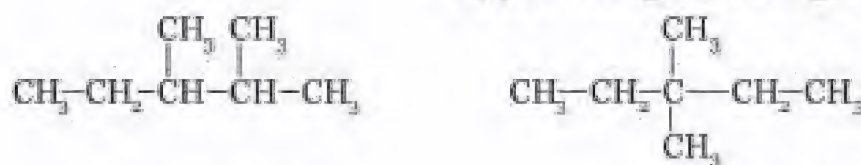
ب - إذا كانت أطول سلسلة كربونية متصلة بمجموعة ألكيل أو أى ذرات أخرى يبدأ ترقيم السلسلة الكربونية من الطرف الأقرب لمكان التفرع - وتبدأ التسمية برقم ذرة الكربون الذى يخرج منها الفرع مع وضع فاصلة (,) بين كل رقمين وخط قصير ( - ) بين الرقم والاسم - ثم اسم الفرع - وتنتهى التسمية باسم الالكان .



3 - ميثيل هكسان

2 - ميثيل بنتان

٢ - إذا تكررت المجموعة الفرعية في السلسلة الكربونية تستخدم المقدمات ثنائى أو ثلاثى أو رباعى للدلالة على عدد التكرار .



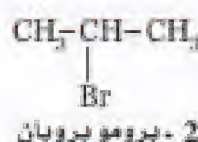
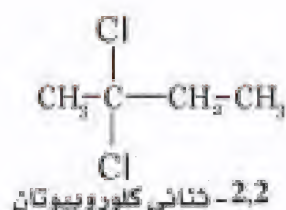
3,2 - ثنائى ميثيل بنتان

3,3 - ثنائى ميثيل بنتان

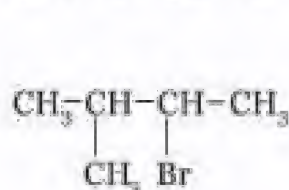
٤ - إذا كان الفرع ذرة هالوجين مثل الكلور أو البروم أو مجموعة  $\text{NO}_2$  - فيكتب اسمها منتهياً بحرف (و) فيقال كلورو أو برومو أو نيترو .



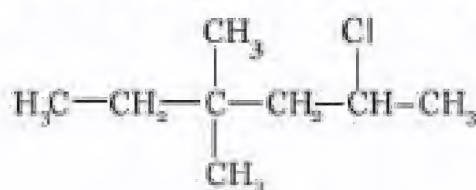
## الباب الخامس: الكيمياء العضوية



5 - إذا كانت الفروع مختلفة (مجموعة الكيل وهالوجينات مثلا) فترتب حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية، بعد أن يتم الترقيم من الطرف الذي يعطى لكل الفروع أقل مجموع ممكن.

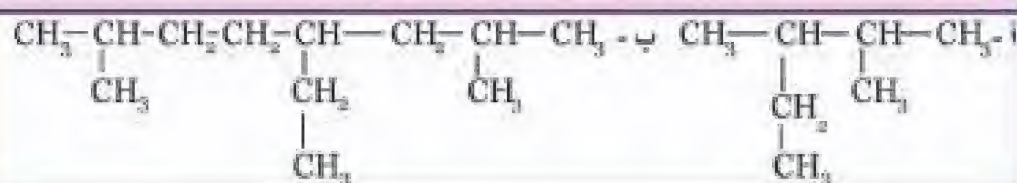


2 - برومو - 3 - ميثيل بيوتان



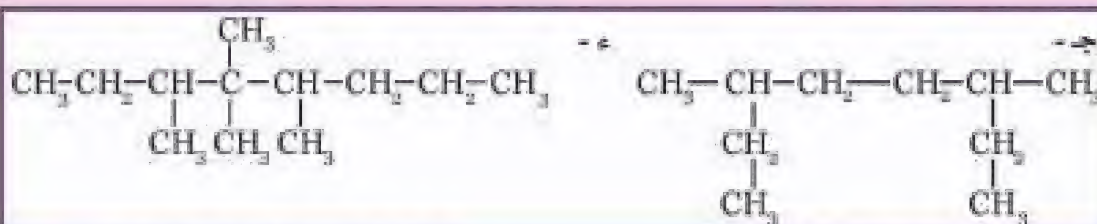
2 - كلورو - 4,4 - ثنائي ميثيل هكسان

**تمرين:** أكتب أسماء المركبات الآتية حسب نظام الأيوباك:



4 - إيثيل - 7,2 - ثنائي ميثيل أوكتان

3,2 - ثنائي ميثيل بنتان



3,4,4,5 - رباعي ميثيل أوكتان

6,3 - ثنائي ميثيل أوكتان

وسنتناول بالذكر مثال على الألكانات (الميثان) من حيث تواجدها في الطبيعة وتحضيرها

### الميثان CH<sub>4</sub> Methane

هو أول سلسلة الألكانات ويعتبر أبسط المركبات العضوية على الإطلاق - ويكون نسبة كبيرة قد تصل إلى أكثر من 90% من الغاز الطبيعي الموجود في باطن الأرض أو مصاحباً للبتروöl . كما يوجد في مناجم الفحم التي قد تتعرض للانفجار نتيجة اشتعاله ويسمى الغاز أحياناً بـغاز المستنقعات لأنه يخرج على هيئة فقاعات من قاع المستنقعات نتيجة لتحلل المواد العضوية .

#### تحضير الميثان في المختبر :

كما يحضر الميثان في المعمل بالتقطير الجاف لملح أسيتات الصوديوم اللامائية مع الجير الصودي باستخدام جهاز كاليمين بالشكل ( ٥ - ٣ ) .



شكل ( ٥ - ٣ )

جهاز تحضير غاز الميثان في المعمل

ويلاحظ أن الجير الصودي هو خليط من الصودا الكاوية NaOH والجير الحي (أكسيد الكالسيوم CaO) ولا يدخل الأخير في التفاعل إنما يساعد على خفض درجة انصهار الخليط .



### الخواص العامة للألكانات :

#### أ - الخواص الفيزيائية :

١ - الألكانات التي تحتوي من 1 : 4 ذرة كربون عبارة عن غازات في درجة الحرارة العادية فالميثان يستخدم كوقود في المنازل . أما خليط البروبان والبيوتان فتسال وتعبأ في اسطوانات تستخدم كوقود . وحيث أن البروبان أكثر تطايراً (اقل في درجة الغليان) من البيوتان . لذا نجد أن نسبة البروبان تكون أكثر في المناطق الباردة . أما في المناطق الدافئة فتحتوي اسطوانات الغاز على نسبة أكبر من البيوتان .

٢ - الألكانات التي تحتوي من 5 - 17 ذرة كربون سائل مثل الجازولين والكيروسين و يستخدم كوقود أيضا .

٣ - المركبات التي تحتوي على أكثر من 17 ذرة كربون مواد صلبة مثل شمع البرافين . أي أنه كلما زاد عدد ذرات الكربون (الكتلة الجزيئية) للألكان زادت درجة الغليان .

٤ - الألكانات مواد غير قطبية لا تذوب في الماء - لذا تغطي الطلقات بالألكانات الثقيلة مثل الشحم لتحميها من التآكل .

#### ب - الخواص الكيميائية :

ترتبط ذرات الكربون ببعضها في الألكانات بروابط من نوع سيجما  $\sigma$  ، القوة التي يصعب كسرها إلا تحت ظروف خاصة - لذا نجد أن الألكانات خاملة نسبياً في تفاعلاتها الكيميائية .

١ - **الاحتراق** : تحترق الألكانات وتكون ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء - وهي تفاعلات طاردة للحرارة لذا تستخدم كوقود .



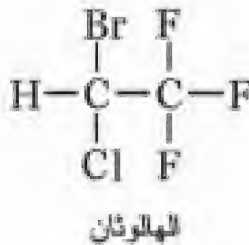
٢ - **التفاعل مع الهالوجينات** :

تتفاعل الألكانات مع الهالوجينات بالتسخين إلى  $400^\circ\text{C}$  أو في وجود الأشعة فوق البنفسجية (uv) في سلسلة من تفاعلات الاستبدال (Substitution reactions) ويتوقف الناتج على نسبة كل من الميثان والهالوجين في خليط التفاعل .

- 1-  $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{(uv)}} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$   
كلوريد ميثيل  
(كلورو ميثان)
- 2-  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{(uv)}} \text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{HCl}$   
ثنائي كلورو ميثان  
(كلوريد الميثيلين)
- 3-  $\text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{(uv)}} \text{CHCl}_3 + \text{HCl}$   
ثلاثي كلورو ميثان  
(الكلوروفورم)
- 4-  $\text{CHCl}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{(uv)}} \text{CCl}_4 + \text{HCl}$   
رباعي كلورو ميثان  
(رابع كلوريد الكربون)

**تدريب:** ما هي نواتج تفاعل الايثان مع الكلور، اكتب الصيغ البنائية لها.

#### استخدامات مشتقات الألكانات الهالوجينية



- 1- استخدم الكلوروفورم  $\text{CHCl}_3$  لمدة طويلة كمخدر، ولكن توقف استخدامه لأن عدم التقدير الدقيق للجرعة اللازمة لكل مريض تسبب في وفيات كثيرة، ويستخدم حالياً بأمان أكثر مخدر الهالوثان وصيغته  $\text{CHBrCl}-\text{CF}_3$  وهو (2 - برومو-2-كلورو-1,1,1-ثلاثي فلوروإيثان) -

2- يستخدم مركب 1,1,1-ثلاثي كلوروإيثان في عمليات التنظيف الجاف.

- 2- استخدمت الفريونات في أجهزة التكييف والثلاجات وكمواد دافعة للسوائل والروائح وكمخلفات للأجهزة الإلكترونية- والفريونات عبارة عن مشتقات هالوجينية للألكانات مثل  $\text{CF}_4$  رابع فلوريد الكربون (رباعي فلوروميثان ولكن أشهرها هو ثنائي كلورو - ثنائي فلوروميثان  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  وتستخدم الفريونات بكميات كبيرة لرخص ثمنها وسهولة إسالتها - وهي غير سامة ولا تسبب تآكلاً في المعادن، إلا أنها تسببت في تآكل طبقة الأوزون التي تقي الأرض من أخطار الأشعة فوق البنفسجية - وهناك اتفاقاً دولياً يحرم استخدامها بداية من عام 2020



## ٢- التكسير الحرارى الحفزي ، Thermal Catalytic Cracking

تجرى هذه العملية أثناء تكرير البترول وذلك لتحويل النواتج البترولية الطويلة السلسلة والثقيلة (الأقل استخداما) إلى جزيئات أصغر وأخف الأكثر استخداما، وتتم عملية التكسير بتسخين منتجات البترول الثقيلة وتحت ضغط مرتفع في وجود عوامل حفازة فينتج نوعين من المنتجات.

أ - الكانات ذات سلسلة قصيرة تستخدم كوقود للسيارات مثل الجازولين الذى يحتاجه العالم باضطراب مستمر .

ب - الكينات ذات سلسلة قصيرة مثل الإيثين والبروبين التى تقوم عليها صناعات كيميائية كثيرة أهمها صناعة البولييمرات.



### الأهمية الاقتصادية للألكانات ،

## ١- الحصول على الكربون المجزأ (أسود الكربون) ،

يدخل الكربون المجزأ بكميات كبيرة فى صناعة إطارات السيارة وكصبغة فى الحبر الأسود والبويات وورنيش الأحذية ، ويمكن الحصول عليه بتسخين الميثان ( بمعزل عن الهواء ) لدرجة 1000°C -



## ٢- الحصول على الغاز المائى ،

الغاز المائى هو خليط من غازى الهيدروجين وأول أكسيد الكربون وهو يستخدم كمادة مختزلة أو وقودا قابلا للاشتعال .



### ب- الهيدروكربونات الأليفاتية غير المشبعة مفتوحة السلسلة :

- تقسم الهيدروكربونات الأليفاتية غير المشبعة مفتوحة السلسلة إلى مجموعتين ،
- 1- مجموعة الألكينات Alkenes وتتميز بوجود رابطة مزدوجة في السلسلة الكربونية .
  - 2- مجموعة الألكاينات Alkynes وتتميز بوجود رابطة ثلاثية في السلسلة الكربونية .

#### 1- الألكينات Alkenes الأوليفينات Olifenes

هي هيدروكربونات توجد بين ذرات الكربون في جزيئاتها رابطة مزدوجة على الأقل - ويمكن اعتبار الألكينات مشتقات من الألكانات وذلك بانتزاع ذرتي هيدروجين من جزيئ الألكان المقابل ولذلك فهي تكون سلسلة متجانسة قانونها العام  $C_nH_{2n}$  وكل مركب في هذه السلسلة يقل عن مثيله في سلسلة الألكانات بذرتي هيدروجين.

#### تسمية الألكينات :

- 1- تتبع نفس الخطوات التي اتبعناها في تسمية الألكانات ، وهي اختيار أطول سلسلة كربونية ويستبدل المقطع (ان) في اسم الألكان بالمقطع (ين) في اسم الألكين على أن يسبق هذا المقطع رقم ذرة الكربون المرتبطة بالرابطة المزدوجة الأقرب إلى بداية السلسلة .



2- بنتين



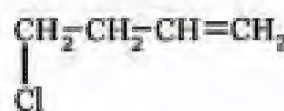
بروبين

- 2- يبدأ الترقيم من الطرف الأقرب إلى الرابطة المزدوجة بغض النظر عن موقع أي

مجموعات أخرى .



3- ميثيل -1- بنتين



4- كلورو -1- بيوتين

وتتميز الألكينات بوجود الرابطة المزدوجة، التي تتكون من رابطتين، إحدى هاتين

الرابطتين من نوع سيجما  $\sigma$  القوية أما الرابطة الأخرى فهي من نوع باي  $\pi$  الضعيفة

سهلة الكسر مما يفسر نشاط الألكينات .



## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

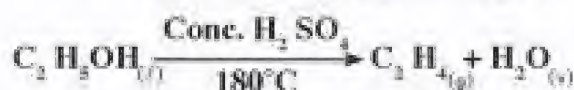
ونتناول بالذكر مثال على الألكينات (الإيثين) من حيث تحضيره :

### الإيثين $C_2H_4$ Ethene

الاسم الشائع للإيثين هو الإثيلين - وهو أول مركبات الألكينات .

### تحضير الإيثين في المعمل

يحضر الإيثين بانتزاع الماء من الكحول الإيثيلي بواسطة حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى  $180^\circ C$  باستخدام جهاز كالمبين بالشكل (٥ - ٤) .



جهاز تحضير الإيثين في المعمل شكل (٥ - ٤)

ويتم هذا التفاعل على خطوتين متتاليتين :

١- يتفاعل الإيثانول مع حمض الكبريتيك المركز مكونا كبريتات إيثيل هيدروجينية .



٢- تنحل كبريتات الإيثيل الهيدروجينية بالحرارة ويتكون الإيثين :



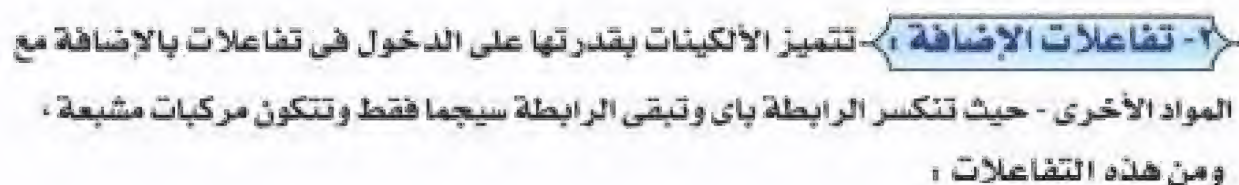
## الخواص الفيزيائية:

٢- الألكينات مواد غير قطبية لا تذوب في الماء وإنما تذوب في المركبات العضوية مثل الأثير والبنزين ورابع كلوريد الكربون -

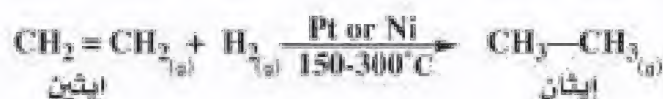
### الخواص الكيميائية :

تعتبر الألكينات أكثر نشاطاً من الألكانات ويرجع ذلك إلى احتوائها على روابط من نوع باي (II) الضعيفة سهلة الكسر .

**١- الاحتراق:** تشتعل الألكينات في الهواء من خلال تفاعل طارد للحرارة وينتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء .



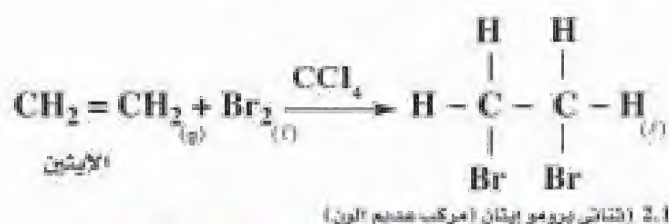
تتفاعل الألكينات مع الهيدروجين في وجود عوامل حفازة مثل النيكل أو البلاتين مع التسخين - ويتكون الألكان المقابل، حيث تحتاج كل رابطة ( $\Pi$ ) مول واحد من الهيدروجين لكسرها مقابل مول من الهيدروجين.





(ب) إضافة الحالات : (الهيئة)

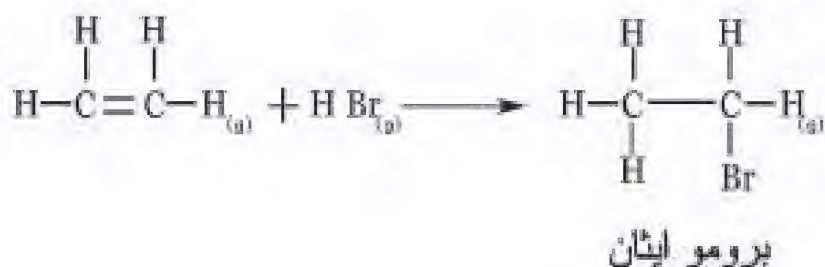
تتفاعل الهالوجينات مع الألكينات بالإضافة - ويستغل هذا التفاعل للكشف عن الألكينات غير المشبعة فعند رج الإيثين مع البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون يزول لون البروم الأحمر ويتكون 2.1 - ثنائي برومو إيثان عديم اللون -



ج) إضافة هاليدات الهيدروجين (الأحماض الهالوجينية) ( $H^+X^-$ )،

تتفاعل الألكينات بالإضافة مع هاليدات الهيدروجين وهي مادة غير متماثلة حيث تنكسر الرابطة (II) وتتصل ذرة هيدروجين بإحدى ذرتي الكربون في الرابطة (II) وذرة الهالوجين بذرة الكربون الأخرى ويتكون هاليد الألكيل المقابل - وتتوقف نواتج الإضافة على نوع الألكين.

أ) إذا كان الألكين متماثل (أي أن ذرتي الكربون المتصلتين بالرابطة المزدوجة تحتويان نفس العدد من ذرات الهيدروجين) - فتضيف أي من ذرتي الكربون ذرة الهيدروجين والذرة الأخرى تضيف ذرة الهالوجين.



ب) إذا كان الألكين غير متماثل ( أي أن ذرتي الكربون المتصلتين بالرابطة المزدوجة تحتويان عددا غير متساو من ذرات الهيدروجين )، نجد أن ذرة الهيدروجين  $H^+$ ، تضاف إلى ذرة الكربون الأغنى بالهيدروجين - بينما تتجه ذرة الهالوجين  $X^-$  إلى ذرة الكربون الأخرى المتصلة بعدد أقل من ذرات الهيدروجين، وتسمى هذه القاعدة بقاعدة ماركو نيكوف .



## 2- یرومو یرویان

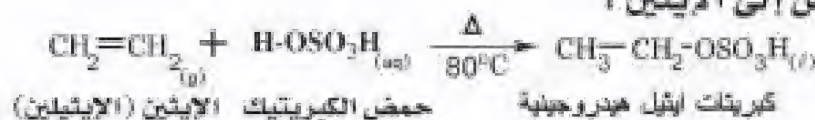
## قاعدة ماركونيگوف :

عند إضافة متفاعل غير متماثل (  $\text{H}^+\text{X}$  أو  $\text{H}^+\text{OSO}_3\text{H}$  ) إلى الكين غير متماثل فإن الجزء الموجب ( $\text{H}^+$ ) من المتفاعل يضاف إلى ذرة الكربون الحاملة لعدد أكبر من ذرات الهيدروجين - والجزء السالب ( $\text{X}^-$ ) يضاف إلى ذرة الكربون الحاملة لعدد أقل من ذرات الهيدروجين .

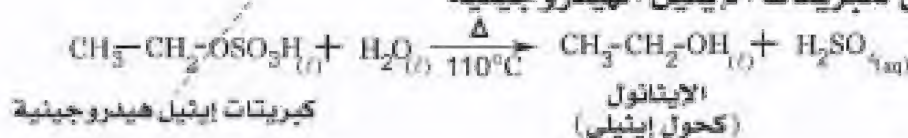
(د) إضافة الماء : (الهيدرة الحضرية)

نظراً لأن الماء الكتروليت ضعيف فإن تركيز أيون الهيدروجين الموجب يكون ضعيفاً ولا يستطيع كسر الرابطة المزدوجة لذا لا يتم التفاعل إلا في وسط حامضي لتوفير أيون الهيدروجين الموجب لذا يضاف حمض الكبريتيك المخفف أولاً إلى الايثين فتتكون كبريتات الايثيل الهيدروجينية التي تتحلل مائياً مكونة الكحول الايثيلي .

٦ - إضافة الحمض إلى الأيثان :



## ٢ - التحلل المائي لكبريتات الإيثيل الهيدروجينية



والجمعة



فيلسوف

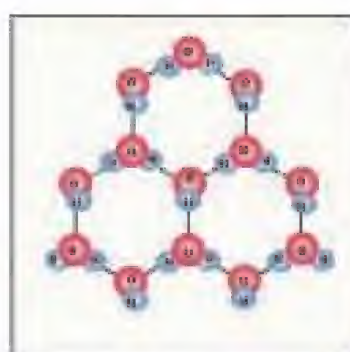
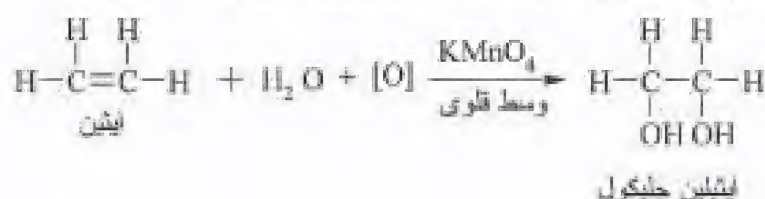
٢ - الأكسدة :

تتأكسد الالكينات بالعوامل المؤكسدة مثل فوق أكسيد الهيدروجين  $H_2O_2$  أو برمنجنات البوتاسيوم القلوية البنفسجية  $KMnO_4$  وتتكون مركبات ثنائية الهيدروكسيل تعرف بالجلايكولات .

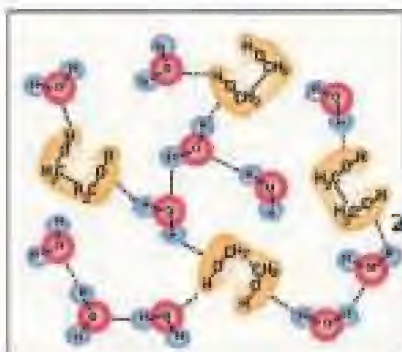


**تفاعل باير Baeyer's reaction:**

عند إمرار غاز الايثين في محلول برمنجانات البوتاسيوم في وسط قلوي يزول لون برمنجانات البوتاسيوم وهو اختبار هام للكشف عن وجود الرابطة المزدوجة.



بلورات الثلج



روابط هيدروجينية

**شكل (٥ - ٥)**

الإيثيلين جليكول في الماء

والإيثيلين جليكول هو المادة الأساسية المانعة لتجمد المياه في مبردات السيارات حيث أنه يكون روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء فيمنع تجمع جزيئات الماء مع بعضها على هيئة بلورات ثلج كما هو موضح بشكل (٥ - ٥) .

**٤ - البلمرة : Polymerization**

كلمة بوليمر كلمة لاتينية الأصل معناها عديد الوحدات . وتعتبر عملية البلمرة من التفاعلات الكيميائية الهامة التي فتحت الباب على مصراعيه لتحضير العديد من المنتجات التي ساهمت في ازدهار الحضارة . والبلمرة عبارة عن تجمع عدد كبير من جزيئات مركبات بسيطة يتراوح عددها من المائة حتى المليون لتكوين جزيء كبير عملاق ذات كتلة جزيئية كبيرة ويسمى الجزيء الأولي الصغير بالمونومر ، بينما يسمى الجزيء الكبير الناتج من عملية البلمرة بالبوليمر .

وهناك طريقتين أساسيتين لعملية البلمرة :

**١ - البلمرة بالإضافة : Addition Polymerization**

وتتم بإضافة أعداد كبيرة جداً من جزيئات مركب واحد صغير وغير مشبع إلى بعضها

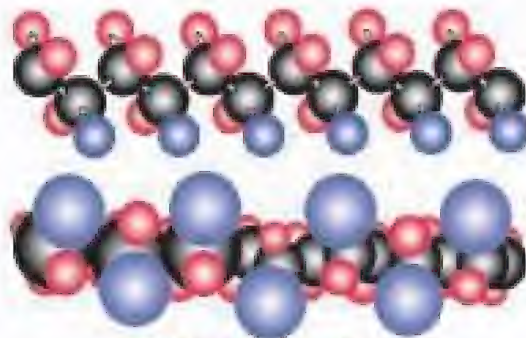
لتكون جزيء مشبع كبير جداً مثل البولي إيثيلين .

وتتميز الألكينات بأنها تكون بوليمرات بالإضافة - فعند تسخين الإيثين تحت ضغط كبير (حوالي 10000 atm) في وجود فوق الأكاسيد كمادة بادئة للتفاعل يتكون البولي إيثيلين الذي تبلغ كتلته الجزيئية 30000 (لاحظ أن الكتلة الجزيئية للإيثين = 28 فقط) وتفسر عملية بلورة الإيثين بالإضافة إلى أن الرابطة باي تنكسر ويتحرر الكتروني هذه الرابطة ويصبح لكل ذرة كربون الكترون حر. ثم ترتبط ذرات الكربون عن طريق الكترونها الحرة مع بعضها بروابط تساهمية أحادية مكونة سلاسل طويلة من جزيئات البوليمر . ويتبين ذلك في المعادلات الآتية :

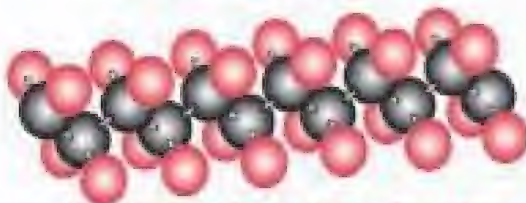
الشكل البنائي لبعض البوليمرات



أ- بولي إيثيلين



ب- بولي كلورو إيثين (PVC)



ج- بولي رباعي فلورو إيثين (التفلون)



ضغط  
حرارة  
عوامل مساعدة



بوليمر بولي إيثيلين

الأشكال البنائية لبعض البوليمرات شكل ( ٥ - ٦ )



## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

ويوضح الجدول التالي بعض مونومرات الألكينات ومشتقاتها الناتجة بالإضافة وأهم استخداماتها.

المونومر	البوليمر	الاسم التجاري	خواصه	استخداماته
إيثين $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	بولي إيثيلين $\left[ \begin{array}{c}   &   \\ \text{C} - & \text{C} \\   &   \end{array} \right]_n$	بولي إيثيلين (PE)	لين ويتحمل المواد الكيميائية	الرقائق والأكياس البلاستيك - الزجاجات البلاستيك - الخرطوم.
بروبين $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{CH}_3 & & \text{H} \end{array}$	بولي بروبيلين $\left[ \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{C} - & \text{C} \\   &   \\ \text{CH}_3 & \text{H} \end{array} \right]_n$	بولي بروبيلين (PP)	قوى وصلب	السجاد - المفارش - الشكاير البلاستيك - المعلبات.
كلورو إيثين كلوريد فاينيل $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{Cl} \end{array}$	بولي كلورو إيثين $\left[ \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{C} - & \text{C} \\   &   \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array} \right]_n$	PVC بولي فاينيل كلوريد	لين وقوى	مواسير الصرف الصحي والرى - أحذية - خراطيم مياه - عوازل الأرضيات - جزاكن الزيوت المعدنية
رباعي فلورو إيثين $\begin{array}{c} \text{F} & & \text{F} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{F} & & \text{F} \end{array}$	بولي رباعي فلورو إيثين $\left[ \begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\   &   \\ \text{C} - & \text{C} \\   &   \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right]_n$	تفلون	يتحمل الحرارة - غير قابل للالتصاق - عازل للكهرباء وخامل	تبطين أواني الطهي (التيفال) - خيوط جراحية.

### ٢ - البلمرة بالتكاثف : Condensation Polymerization

وتتم بين مونومرين مختلفين يحدث بينهما عملية تكاثف أى ارتباط مع فقد جزيء بسيط مثل الماء - ويتكون بوليمر مشترك Copolymer ويعتبر هو الوحدة الأولى التي تستمر فيها عملية البلمرة بين جزيئاتها وستعرض لدراسة هذا النوع فيما بعد .

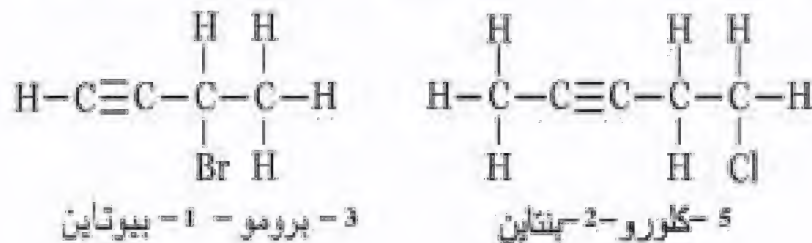
## ٢- الألكينات (Alkynes) (الاستيلينات Acetylenes)

هي مجموعة من الهيدروكربونات مفتوحة السلسلة توجد بين ذرات الكربون في السلسلة الكربونية رابطة ثلاثية واحدة على الأقل . وهي تكون سلسلة متجانسة قانونها العام  $C_nH_{2n-2}$  أي أن كل مركب منها يقل ذرتي هيدروجين عن مثيله من الألكينات وبالتالي أربعة ذرات هيدروجين عن مثيله من الألكانات ، ونجد أن إحدى الروابط الثلاثية من نوع سيجما القوية إما الرابطتين الأخريين فمن نوع باي الضعيف لذا فهي مركبات شديدة النشاط .

وأول مركبات هذه المجموعة الأيثاين  $C_2H_2$  واسمه الشائع هو الاستيلين والذي سميت هذه المجموعة باسمه .

### تسمية الألكينات :

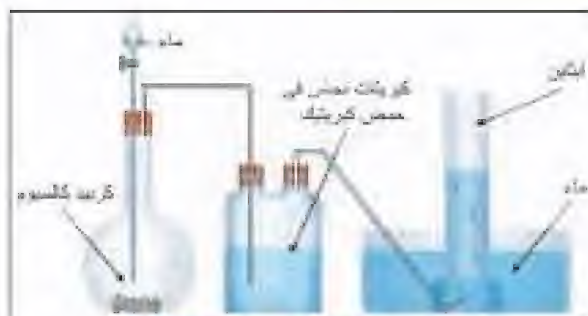
- ١ - تتبع نفس الطريقة السابقة التي استخدمناها في تسمية الألكانات بأن نختار أطول سلسلة كربونية متصلة ثم نسمى الألكان المقابل بعد استبدال النهاية ( ان ) بالنهاية ( إين ) .
- ٢ - نرقم السلسلة من الطرف القريب للرابطة الثلاثية بغض النظر عن موقع أي مجموعات متفرعة أخرى .
- ٣ - يسبق اسم الألكاين رقم ذرة الكربون المتصلة بالرابطة الثلاثية .





## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

وستتناول بالذكر مثال على الألكاينات (الأسيتلين) من حيث تحضيره وخواصه الكيميائية



تحضير الايثاين في المختبر. (شكل ٩ - ٧)

### تحضير الايثاين في المعمل:

يحضر بتنقيط الماء على كربيد الكالسيوم ( ثاني كربيد الكالسيوم ) باستخدام جهاز كالمبين بشكل ( ٥ - ٧ ) .  
يلاحظ أن الغاز قبل جمعه يمرر أولاً على محلول كبريتات نحاس في حمض كبريتيك مخفف لازالة غاز الفوسفين  $PH_3$  وغاز كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  الناتجين من الشوائب الموجودة في كربيد الكالسيوم .



٢ - تحضير الايثاين في الصناعة من الغاز الطبيعي المحتوى على نسبة عالية من غاز الميثان بالتسخين لدرجة حرارة أعلى من  $1400^\circ\text{C}$  ثم التبريد السريع للنواتج



### خواص الايثاين :

١ - **الاحتراق** : يحترق الايثاين بلهب مدخن في الهواء الجوي تكون كمية الأكسجين محدودة وذلك لعدم احتراق الكربون تماماً .



أما إذا كانت كمية الأكسجين وفيرة يحترق الايثاين تماماً مغطياً ثانی أكسيد الكربون وبخار الماء من خلال تفاعل طارد للحرارة .

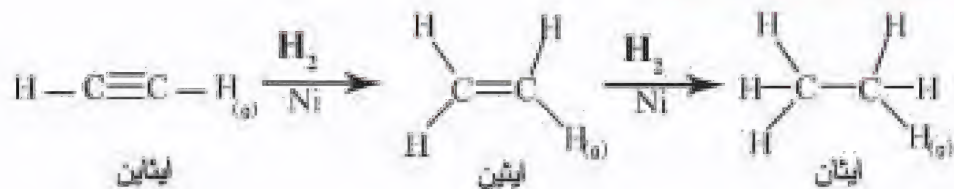


وتبلغ الحرارة المنطلقة من هذا التفاعل حوالي  $3000^\circ\text{C}$  ولذا يستخدم ما يعرف بلهب الأكسي استيلين في لحام وقطع المعادن .

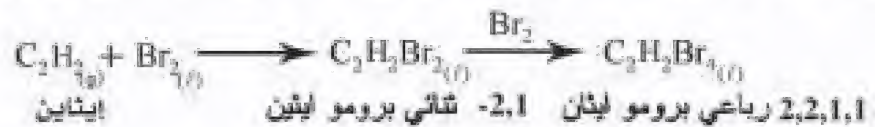
ب - **تفاعلات الإضافة** : نظراً لأن جزيء الايثاين يحتوى على رابطتين باى بجانب الرابطة سيجما . فإنه يتفاعل بالإضافة على مرحلتين حيث تتحول الرابطة الثلاثية إلى رابطة

ثنائية ثم إلى رابطة أحادية وتتضح تفاعلات الإضافة فيما يلي :

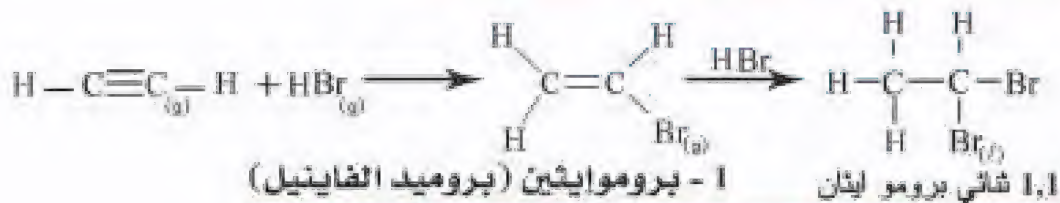
أ - الهدرجة في وجود النيكل المجزأ :



ب - الهلجنة : يتفاعل الإيثاين مع الهالوجينات بشدة وقد يكون التفاعل مصحوباً بلهب وضوء عندما يتفاعل مع الكلور ولكن عندما يمرر غاز الإيثاين في محلول البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون يزال لون البروم الأحمر ويستخدم هذا التفاعل في الكشف عن عدم التشبع في جزئ الإيثاين .



ج - إضافة الأحماض الهالوجينية أو هاليدات الهيدروجين ، (HX)

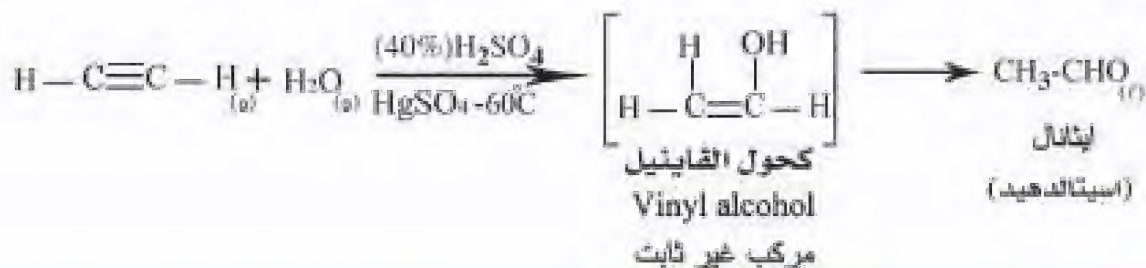


لماذا لا يتكون 2,1 ثنائي برومو إيثان ؟... (تذكر قاعدة ماركونيكوف)

الحل :

د - إضافة الماء - الهدرجة الحفزية Catalytic Hydration

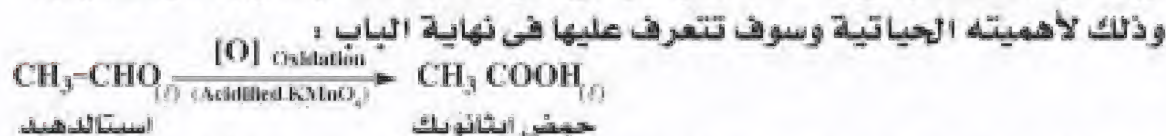
يتفاعل الإيثاين مع الماء بالإضافة وذلك في وجود عوامل حفز مثل حمض الكبريتيك وكبريتات الزنك (II) عند  $60^\circ\text{C}$  لتكوين الأسيتالدهيد ( الإيثانال ) .





## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

ويستغل هذا التفاعل في صناعة حمض الايثانويك وذلك بأكسدة الايثانال (الاسيتالدهيد)،



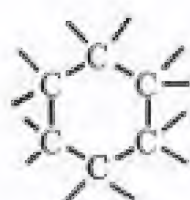
ويمكن كذلك الحصول على الايثانول (الكحول الايثيلي) باختزال الايثانال [الاسيتالدهيد]



### ثانياً : الهيدروكربونات الحلقية

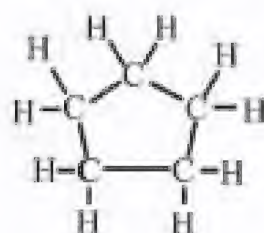
#### أ - الحلقية المشبعة - الالكانات الحلقية Cycloalkanes

الهيدروكربونات التي تحتوى جزيئاتها على ثلاثة ذرات كربون فأكثر يمكن أن توجد في شكل حلقي. الصيغة العامة للالكانات الحلقية هي  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  وهى نفس الصيغة الجزيئية للالكينات الأليفاتية لذا يجب أن نفرق بينهما عند كتابة صيغتهما الجزيئية. ولا تختلف تسمية الالكانات الحلقية عن مثيلاتها غير الحلقية سوى وضع (سيكلو) في المقدمة أو (حلقي) في النهاية لتدل على التركيب الحلقي.



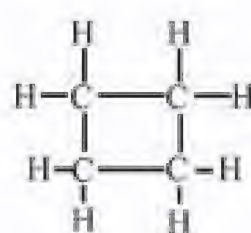
هكسان حلقي

(سيكلو هكسان)



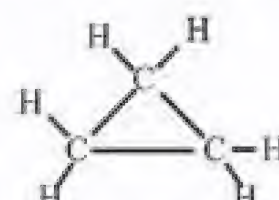
بنتان حلقي

(سيكلو بنتان)



بيوتان حلقي

(سيكلو بيوتان)



بروبان حلقي

(سيكلو بروبان)

ويلاحظ أن الزوايا بين الروابط في البروبان الحلقي  $60^\circ$  بينما تساوى  $90^\circ$  في البيوتان الحلقي وهى تقل عن الزوايا  $109.5^\circ$  الموجودة في الالكانات غير الحلقية. وتؤدي هذه الزوايا الصغيرة إلى تداخل ضعيف بين الأوربيتالات الذرية وبالتالي يكون الارتباط بين ذرات الكربون ضعيفاً في هذه المركبات لذا نجد أنها نشيطة للغاية - فالبروبان الحلقي مثلاً يكون مع الهواء خليطاً شديد الاحتراق - بينما البروبان المستقيم السلسلة أقل نشاطاً بكثير أما السيكلو بنتان والسيكلو هكسان فمستقران وثابتان لأن الزوايا بين الروابط تقترب من  $109.5^\circ$  وبالتالي يكون التداخل بين الأوربيتالات قوياً وتتكون روابط سيجمما القوية.



**ب - الهيدروكربونات الحلقية غير المشبعة ( المركبات الأروماتية العطرية ) :**

ميز الكيميائيون القدماء بين نوعين من المركبات العضوية - المركبات العضوية المشتقة من الأحماض الدهنية وبها نسبة عالية من الهيدروجين وسميت بالمركبات الأليفاتية ( الدهنية ) ويعتبر الميثان أول أفرادها أما المركبات العضوية الأخرى المشتقة من بعض الراتنجات وبعض المنتجات الطبيعية ولها روائح عطرية مميزة وبها نسبة أقل من الهيدروجين فسميت بالمركبات الأروماتية ( العطرية ) ويعتبر البنزين العطري أول أفرادها . وتوجد المركبات العطرية في شكل حلقة بنزين واحدة أو حلقتين أو أكثر بمشتقاتهم العديدة .

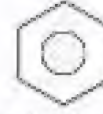
**تدريب:** اكتب الصيغ الجزيئية لهذه المركبات؟



أنثراسين  
Anthracene



نفتالين  
Naphthalene



بنزين عطري  
Benzene

**ملحوظة :** وقود السيارات هو الجازولين الذي يختلف تركيبه تماماً عن البنزين العطري .

**الصيغة البنائية للبنزين :**

استغرق التعرف على الصيغة البنائية للبنزين سنوات عديدة - نظراً لأنه يتفاعل بالإضافة وبالإحلال وطول الروابط بين ذرات الكربون وسط بين طول الرابطة الأحادية والمزدوجة - وغيرها من الخواص التي حيرت العلماء مدة طويلة إلى أن توصل العالم الألماني **كيكولي Kekule** عام 1965 إلى الشكل السداسي الحلقى الذي تتبادل فيه الروابط المزدوجة والأحادية .



بنزين

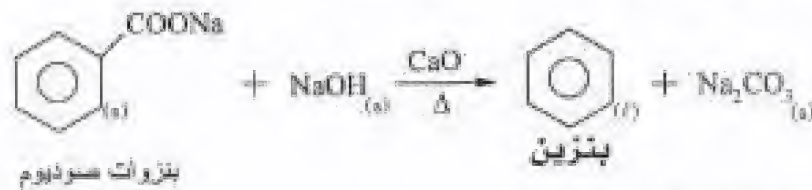
ويمكن الاكتفاء بالشكل :





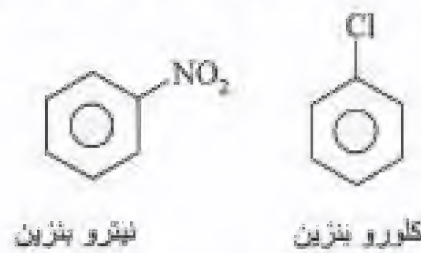
### تحضير البنزين في المختبر :

يحضر البنزين نقياً في المختبر من التقطير الجاف لملح بنزوات الصوديوم مع الجير الصودي (مثل تفاعل تحضير الميثان في المعمل) .



### تسمية مشتقات البنزين :

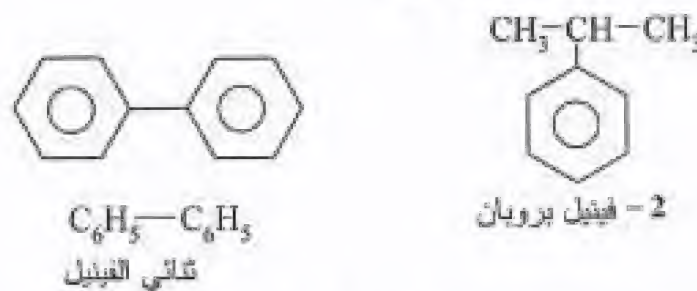
١- يسمى مشتق البنزين أحادي الإحلال بذكر أسم الذرة أو المجموعة الداخلة مصحوباً بكلمة بنزين وتهاجم الذرة أو المجموعة الداخلة أي ذرة من الذرات الستة المتكافئة في الحلقة .



### شق أو مجموعة الأريل (Ar-) Aryl radical :

هو الشق الناتج من نزع ذرة هيدروجين من المركب الأروماتي ويرمز له بالرمز (Ar-) فعند نزع ذرة هيدروجين مثلاً من جزيء البنزين يسمى شق الأريل الناتج شق الفينيل (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-)Phenyl .

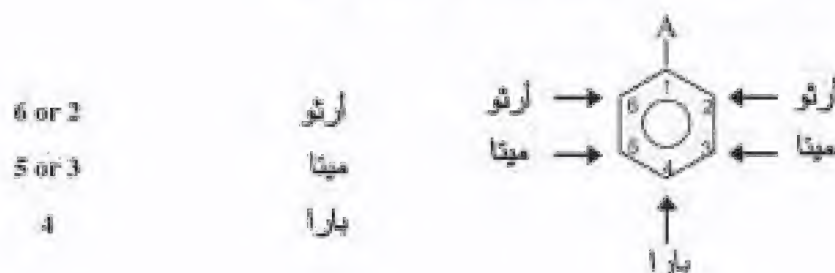
### تمثيل : تسمية بعض المركبات الأروماتية :



ما الفرق بين ثنائي الفينيل والنفتالين؟ أكتب الصيغة الجزيئية لكل منهما؟

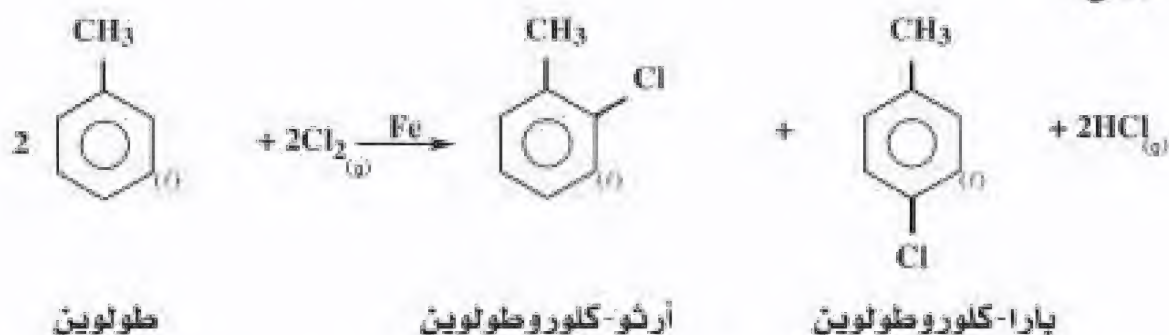


٢- إذا كان البنزين ثنائي الإحلال فيوجد في ثلاثة متشابهات هي أرثو Ortho ويرمز لها (o-) وميتا Meta ويرمز لها (m-) وبارا Para ويرمز لها (p-).



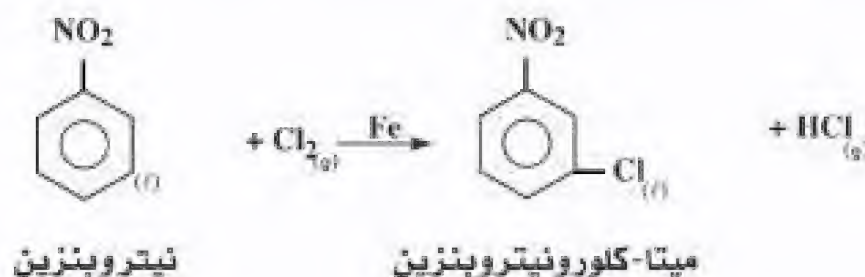
ويعتمد نوع الناتج على طبيعة المجموعة أو الذرة التي استبدلت ذرة الهيدروجين الأولى (A) وقد وجد أن هناك مجموعات توجه للموقعين أرثو وبارا ومجموعات أخرى توجه للموقع ميتا. ومن المجموعات التي توجه إلى الأرثو والبارا مجموعة الألكيل (R-)، مجموعة الهيدروكسيل (OH-)، ومجموعة الأمينو (NH<sub>2</sub>-) وذرة الهالوجين (X-).

مثال ،

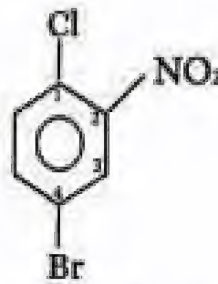


ومن المجموعات التي توجه للموقع ميتا مجموعة الألدهيد (CHO-)، مجموعة الكيتون (CO-)، مجموعة الكربوكسيل (COOH-) ومجموعة النيترو (NO<sub>2</sub>-).

مثال ،



٣ - إذا كان البنزين ثلاثي الإحلال فلا يمكن استخدام التعبيرات أرثو وميتا وبارا - بل ترقم ذرات الكربون في الحلقة ونحدد رقم ذرة الكربون المرتبطة بكل مجموعة - ثم ترتب التسمية حسب الحروف الأبجدية باللغة اللاتينية فمثلاً يكتب البروم قبل الكلور، والكلور قبل النيترو.



4 - برومو - 1 - كلورو - 2 - نيترو بنزين

وبالاحظ أن تسمية الأيوباك تأخذ بالتسمية عن طريق الأرقام فقط.

#### الخواص الفيزيائية للبنزين :

البنزين سائل شفاف لا يمتزج بالماء له رائحة مميزة يغلي عند  $80^{\circ}\text{C}$

#### الخواص الكيميائية :

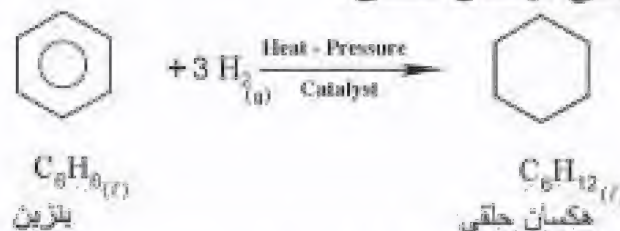
يشتعل البنزين مصحوبا بدخان أسود مما يعنى أنه يحتوى على نسبة كبيرة من الكربون .  
و يتفاعل البنزين بنوعين من التفاعلات هما الإضافة والإحلال .

#### أ - تفاعلات الإضافة :

بالرغم من إحتواء جزئ البنزين على روابط مزدوجة إلا أن تفاعلات الإضافة في البنزين صعبة ولا تحدث إلا تحت ظروف خاصة .

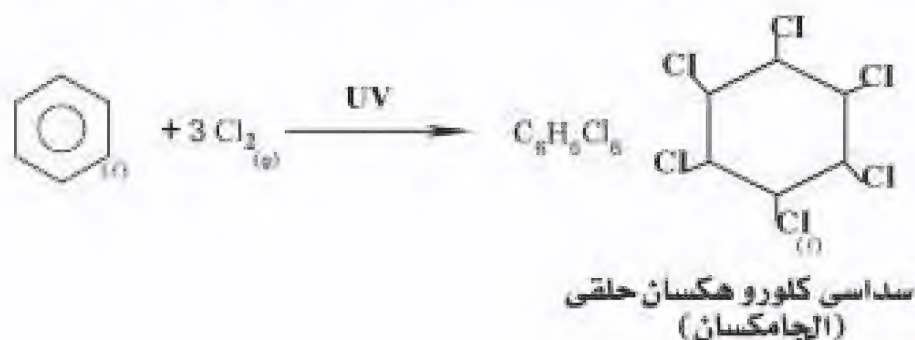
١ - إضافة الهيدروجين (هدرجة) : يتفاعل البنزين مع الهيدروجين بالضغط والحرارة وهي

وجود عامل حفاز لينتج الهكسان الحلقي .





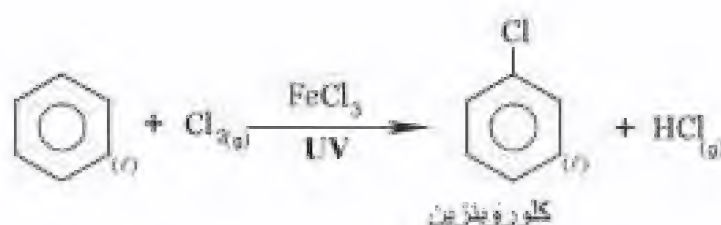
٢ - **الهالجنة** ، يتفاعل البنزين مع الكلور أو البروم في ضوء الشمس ويتكون سداسي هالو الهكسان الحلقي . فمع الكلور يتكون المبيد الحشري المعروف بالجامكسان .



**ب- تفاعلات الإحلال:**

تعتبر تفاعلات الإحلال هي التفاعلات المهمة للبنزين لأنها تمكننا من الحصول على مركبات لها أهمية اقتصادية كبيرة-ويتم في هذه التفاعلات استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بذرات أو مجموعات أخرى-

١- **الهالجنة**



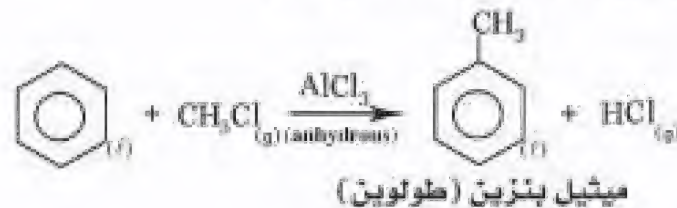
يمكن استبدال ذرة أو أكثر من ذرات هيدروجين حلقة البنزين بذرات هالوجين في وجود عامل حفز مناسب - فيتفاعل البنزين مع الكلور وفي وجود كلوريد الحديد (III) كعامل حفز معطيا الكلوروبنزين-

\* تنتج هاليدات الأريل بكميات كبيرة لاستخدامها كمبيدات حشرية ولعل أكثرها استخداماً هو مبيد (D.D.T) المعروف وهو مركب ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلوروايثان وترجع سميه (D.D.T) إلى أن الجزء  $\text{CH}-\text{CCl}_3$  من الجزيء يذوب في النسيج الدهني للحشرة فيقتلها . وقد وصف مركب (DDT) بأنه أقبح مركب كيميائي وذلك لمشاكله البيئية المترتبة على استخدامه.

## ٢- الألكلة : Alkylation

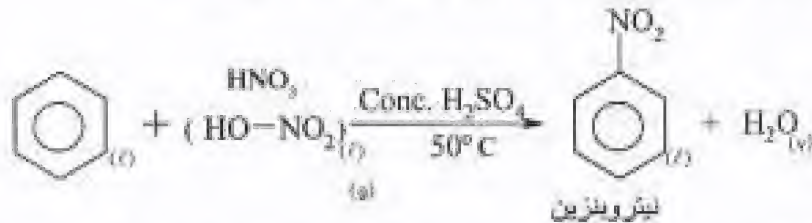
### تفاعل فريدل - كرافت Friedel - Craft

يتفاعل البنزين مع هاليدات الألكيل (RX) فتحل مجموعة الألكيل محل ذرة هيدروجين في حلقة البنزين ويتكون الكيل بنزين - ويتم هذا التفاعل في وجود مادة حفازة مثل كلوريد الألومنيوم اللامائي (anhydrous)



## ٢- النيترة :

يتفاعل البنزين مع حمض النيتريك في وجود حمض الكبريتيك المركز - فتحل مجموعة النيترو ( $\text{NO}_2$ ) محل ذرة هيدروجين في حلقة البنزين -



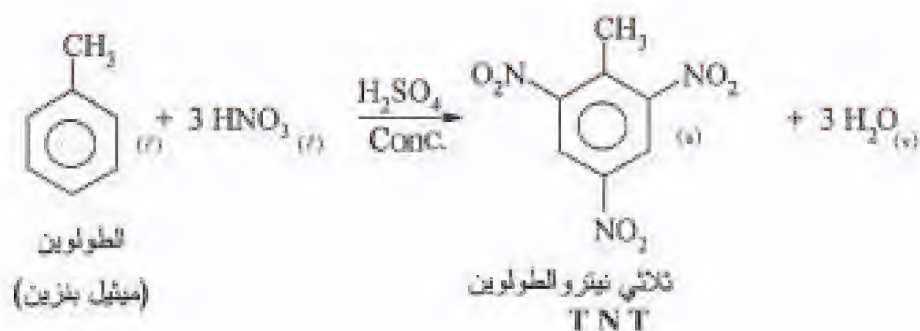
ويلاحظ أن مركبات عديد النيترو العضوية مواد شديدة الانفجار لأن جزيئاتها تحتوي على وقودها الذاتي وهو الكربون أما الأكسجين فهو المادة المؤكسدة - مثل هذه المركبات تحترق بسرعة وتنتج كمية كبيرة من الحرارة والغازات فيحدث الانفجار ويعمل ذلك بضعف الرابطة N-O لتكون الرابطين القويتين C - O في ثاني أكسيد الكربون والرابطة N-N في جزئ النيتروجين -

طاقة الربط KJ/mol	الرابطة
201	N - O
358	C - O
941	N - N

ومن مركبات النيترو العضوية المتفجرة التي أنتج منها ملايين الأطنان خلال الحرب العالمية الثانية ومازال إنتاجها مستمراً مادة T.N.T وهي ثلاثي نيترو

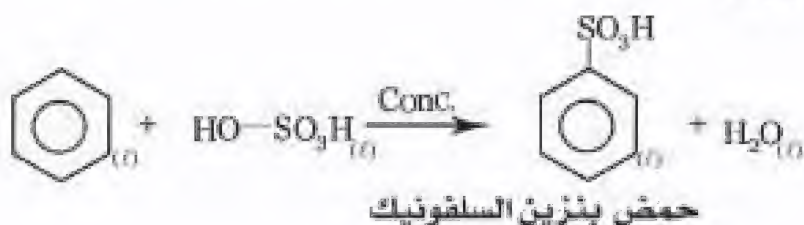
الطولوين Trinitrotoluene ويحضر بتفاعل خليط النيترة ( حمض النيتريك والكبريتيك المركزين بنسبة ١ : ١ ) مع الطولوين -



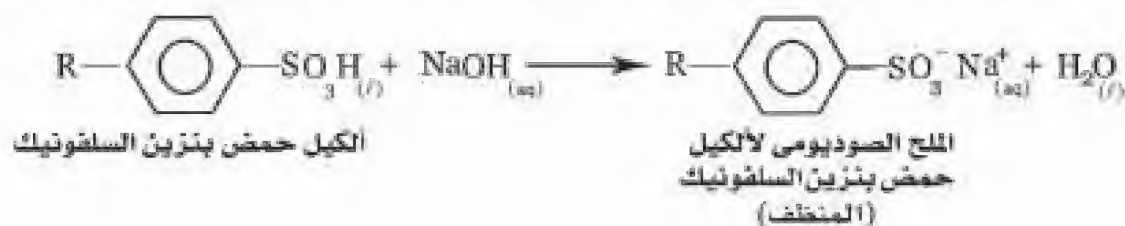


#### 4- السلفنة : Sulphonation

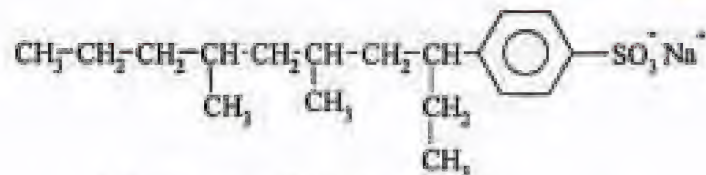
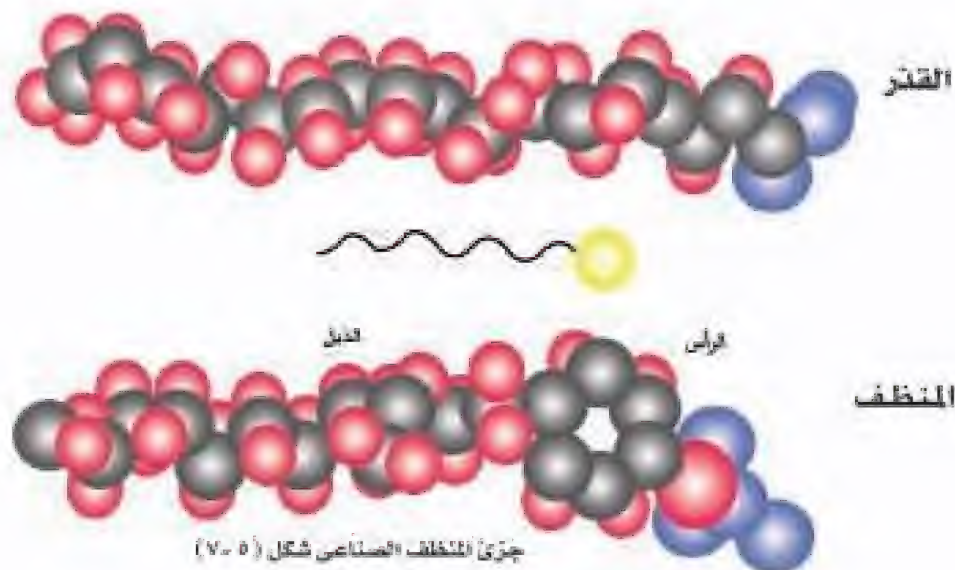
هي إدخال مجموعة حمض السلفونيك ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ) محل ذرة هيدروجين في حلقة البنزين - ويتم ذلك بتفاعل البنزين العطري مع حمض الكبريتيك المركز فيتكون حمض بنزين السلفونيك.



تقوم صناعة المنظفات الصناعية أساساً على مركبات حمض السلفونيك الأروماتية بعد معالجتها بالصودا الكاوية لتحصل على الملح الصوديومي القابل للذوبان في الماء .

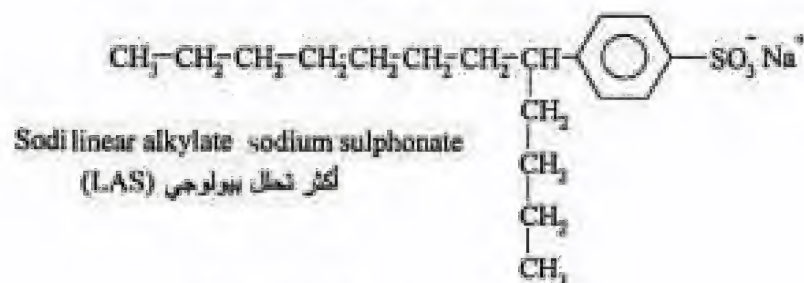


ويتضح أن جزيء المنظف يتكون من جزأين ( الذيل ) وهو عبارة عن السلسلة الهيدروكربونية الطويلة وهي كارهة للماء hydrophobic والجزء الآخر هو الرأس وهو مجموعة متאיئة وهي محبة للماء hydrophilic



الكحل بترين سلفونات الصوديوم (المنظف)

Sodium alkyl benzene Sulfonate (LAS) (لايضاح فقط)  
لا يتحلل بيولوجيا بسهولة



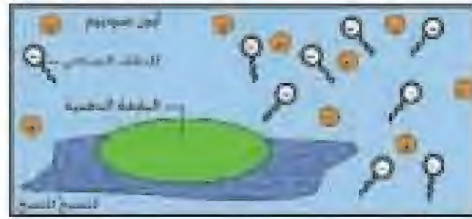
Sodium linear alkylate sodium sulfonate  
الكحل خطي بيولوجي (LAS)

(لايضاح فقط)



## كيفية عمل المنظف الصناعي :

لا يصلح الماء في إزالة البقع الدهنية من على الأنسجة، لأنها من المواد العضوية، بينما الماء مذيب قطبي، ولهذا تستخدم المنظفات الصناعية. وفيما يلي نوضح دور المنظف الصناعي في عملية التنظيف.



(أ)

١ - إضافة المنظف الصناعي إلى الماء تقلل من التوتر السطحي، وهو ما يزيد من قدرة الماء على تندية (بلل) النسيج المراد تنظيفه. كما في شكل (٥ - ٨ - أ).



(ب)

٢ - تترتب جزيئات المنظف نفسها بحيث يتجه الذيل الكاره للماء من كل جزيء ناحية البقعة الدهنية ويلتصق بها، أما الرأس المحب للماء، فإنه يتجه نحو الماء، وبذلك تغطي البقعة الدهنية بجزيئات المنظف كما في شكل (٥ - ٨ - ب).



(ج)

٣ - يؤدي الاحتكاك الميكانيكي أثناء عملية الغسيل على طرد القاذورات وتكسييرها إلى كرات صغيرة كما في شكل (٥ - ٨ - ج).



(د)

٤ - تنفصل الكرات نتيجة للتناثر الحادث بين رؤوس جزيئات المنظف (متشابهة الشحنة) وتتعلق في الماء على هيئة مستحلب ويتم التخلص منها بعملية الشطف كما في شكل (٥ - ٨ - د).

كيفية عمل المنظفات الصناعية  
شكل (٥ - ٨)

### تقويم الهيدروكربونات

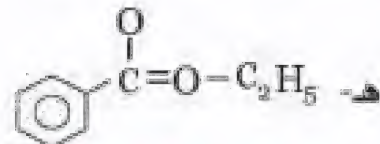
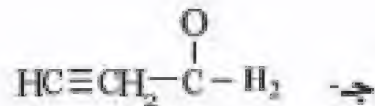
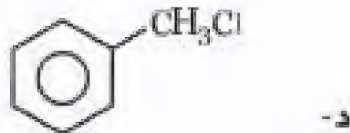
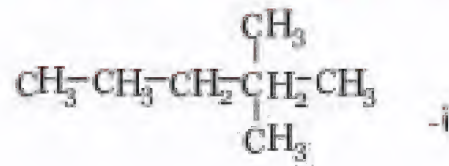
١ - أكتب الصيغة البنائية لكل من المركبات التالية، ثم أكتب الاسم الصحيح لكل منها تبعاً لنظام الأيوباك

- أ - 3 - بنتين  
ب - 1,1 - ثنائي ميثيل إيثين  
ج - 3 - برومو بروبان  
د - 2 - إيثيل - 3 - ميثيل بيوتان

٢ - أي الصيغ الآتية تمثل الكانات أو الكينات أو الكاينات أو الكانات حلقية :



٣ - أكتب الصيغ البنائية التالية بطريقة صحيحة :



٤ - أكتب الصيغ البنائية للمركبات الآتية :

- أ - 3 - ميثيل - 1 - بنتين  
ب - 4 - بروبييل - 2 - هبتين



## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

- 4 - ميثيل - 1 - هكسين
- 1 - كلورو - 2 - فينيل إيثان .
- 4 - كلورو - 4 - ميثيل - 2 - بنتين .

### 5 - أكتب الصيغة البنائية للهيدروكربونات الآتية :

- أ - هيدروكربون غير حلقى به ست ذرات كربون وأثنان من الروابط المزدوجة .
- ب - هيدروكربون غير حلقى به ست ذرات كربون وثلاث روابط ثلاثية .
- ج - هيدروكربون غير حلقى به خمس ذرات كربون ورابطة مزدوجة واحدة .
- هـ - هيدروكربون حلقى به خمس ذرات كربون وكل الروابط فيه أحادية .

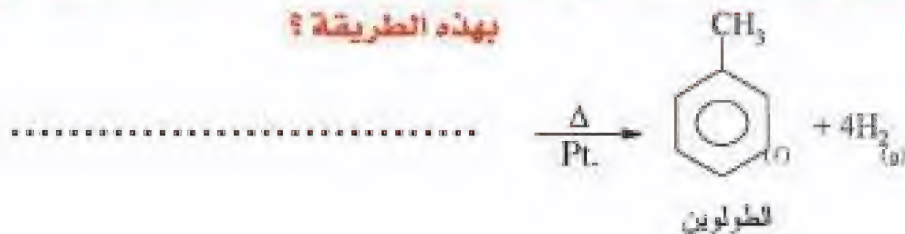
### 6 - أي التفاعلات الآتية يعتبر تفاعل إضافة :

1.  $\text{C}_4\text{H}_{10(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \longrightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}_{2(g)}$
2.  $\text{C}_7\text{H}_{16(g)} \longrightarrow \text{C}_7\text{H}_{8(g)} + 4\text{H}_{2(g)}$
3.  $\text{C}_6\text{H}_{6(g)} + \text{CHCl}_{3(l)} \longrightarrow \text{C}_8\text{H}_{10(g)} + \text{HCl}_{(g)}$
4.  $\text{C}_3\text{H}_{8(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}_{2(g)}$

٧ - يمكن تحضير البنزين من الهكسان العادي بإمراره على عامل حفز في درجة حرارة

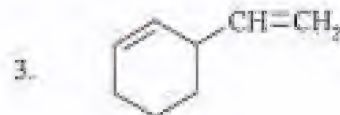
مرتفعة بطريقة تسمى إعادة التشكيل . ماهو الألكان الذي يمكن استخدامه لتحضير الطولوين

بهذه الطريقة ؟

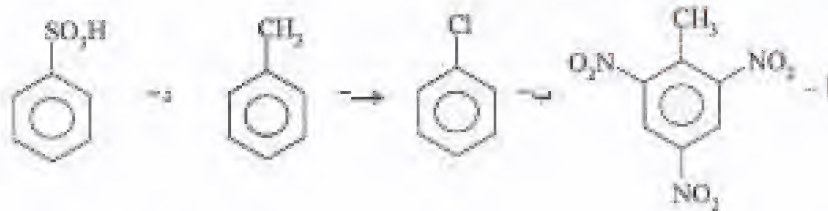


٨ - ما عدد مولات الهيدروجين اللازمة للتفاعل مع واحد مول مما يأتي للحصول على

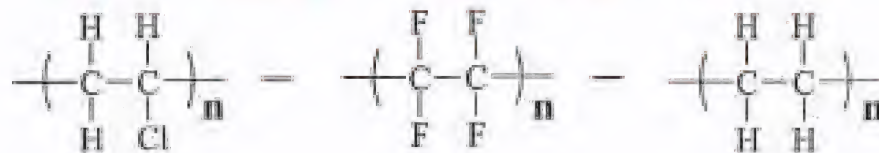
مركبات مشبعة ،



٩ - ما المواد اللازمة لتحضير كل مما يأتي ،



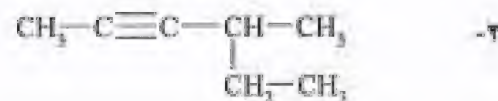
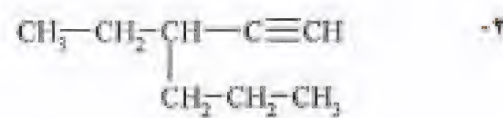
١٠ - أرسم الصيغة البنائية للمونومرات اللازمة لتحضير البوليمرات الآتية :



١١ - أرسم الثلاثة وحدات المتكررة الأولى لبوليمرات الإضافة للمونومرات الآتية :

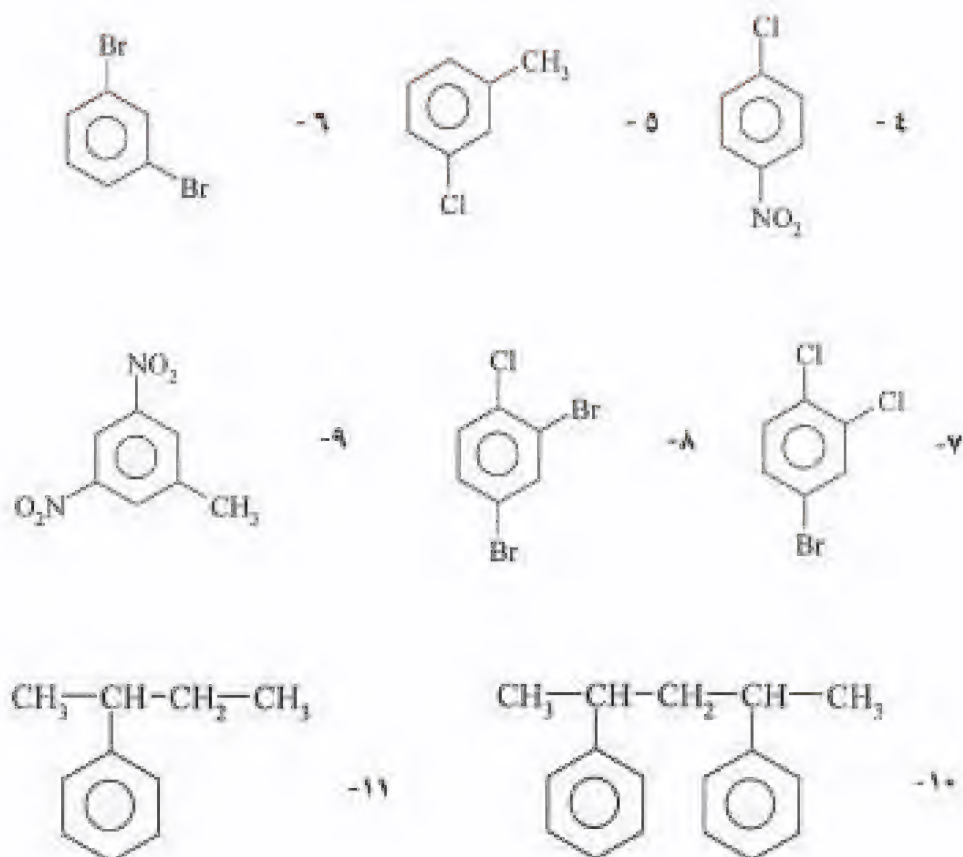
الايثين - 2,1 - ثنائي كلوروايثين - 2 - ميثيل - 1 - بروبين

١٢ - اكتب أسماء المركبات الآتية بنظام الأيوباك ،





## الباب الخامس: الكيمياء العضوية



١٣ - علل :

- أ - وفرة المركبات العضوية .
- ب - الصيغة البنائية أفضل من الصيغة الجزيئية .
- ج - الألكانات مركبات مشبعة بينما الألكينات غير مشبعة .

١٤ - أشرح الخطوات التي تجريها للكشف عن عنصرى الهيدروجين والكربون في مركب عضوى مع كتابة معادلات التفاعل رمزية ومتزنة ؟

١٥ - كيف يحضر غاز الميثان في المعمل . أرسـم الجهاز المستخدم وأكتب معادلة التفاعل .

١٦ - وضح كيف يحضر غاز الايثين في المعمل مع رسم الجهاز المستخدم وكتابة معادلة التفاعل.

١٧ - أشرح تأثير غاز الايثين على :

١ - محلول البروم      ٢ - محلول برمنجنات البوتاسيوم (في وسط قلوي)

١٨ - كيف تحصل على الإيثانال (الاسيتالدهيد) من الإيثاين .

١٩ - أشرح تفاعل الايثين مع كل من المركبات الآتية :

الهيدروجين - البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون - هاليد الهيدروجين

٢٠ - كيف يحضر البنزين من بنزوات الصوديوم ؟ أكتب معادلة التفاعل .

٢١ - صف ما يحدث في كل من الحالات الآتية موضحاً الظروف اللازم توافرها لإتمام التفاعل .

أ - هدرجة البنزين في وجود عامل حفاز

ب - سلفنة البنزين .

ج - الحصول على الطولوين من البنزين .



٢٢ - أكتب معادلات رمزية تمثل التفاعلات الآتية :

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| ١ - تفاعل إضافة            | ٢ - تفاعل بلمرة بالإضافة |
| ٣ - تفاعل نزع              | ٤ - تفاعل هيدرة حفزية    |
| ٥ - تفاعل تكسير حفزي حراري | ٦ - تفاعل أكسدة          |
| ٧ - تفاعل إحلال            | ٨ - تفاعل فريدل - كرافت  |
| ٩ - تفاعل باير             | ١٠ - تفاعل سلفنة         |
| ١١ - تفاعل نيترة           | ١٢ - تفاعل هالجنة        |
| ١٣ - تفاعل هدرجة           | ١٤ - تفاعل نزع للماء     |

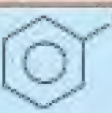
## مشتقات الهيدروكربونات

### مقدمة :

اعتمد تصنيف المركبات العضوية في الماضي على خواصها الفيزيائية مثل الرائحة والطعم وبعض خواصها الكيميائية ومع تقدم طرق التحليل الكيميائي وجد أن الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات تعزى إلى وجود مجموعات معينة تسمى المجموعات الوظيفية .

### المجموعات الوظيفية أو الضعالة :


هي عبارة عن ذرة أو مجموعة من الذرات مرتبطة بشكل معين وتكون ركنا من جزئ المركب ولكن فاعليتها ( وظيفتها ) تتغلب على خواص الجزئ بأكمله . وقد صنفت المركبات العضوية إلى مجموعات يختص بكل منها مجموعة وظيفية معينة ويبين الجدول التالي أقسام المركبات العضوية والمجموعة الوظيفية المميزة لكل قسم .

القسم	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	مثال
الكحولات	$R-OH$	الهيدروكسيل $-OH$	$CH_3OH$ كحول مثيلي
الفينولات	$Ar-OH$	الهيدروكسيل $-OH$	 الفينول
الإثيرات	$R-O-R$	الأثيرية $-O-$	$CH_3-O-CH_3$ إثير ثنائي الميثيل
الألدهيدات	$R-CHO$	الفورميل $\begin{matrix} H \\   \\ -C=O \end{matrix}$	$CH_3-CHO$ أسيتالدهيد
الكيتونات	$R-\overset{O}{\parallel}{C}-R$	الكربونيل $-C(=O)-$	$CH_3-\overset{O}{\parallel}{C}-CH_3$ أسيتون
الأحماض الكربوكسيلية	$R-\overset{O}{\parallel}{C}-OH$	الكربوكسيل $-COOH$	$CH_3COOH$ حمض الأسيتيك
الإسترات	$R-\overset{O}{\parallel}{C}-OR$	الإستر $-COOR$	$CH_3COOC_2H_5$ إستر أسيتات الأيثيل
الأمينات	$R-NH_2$	الأمين $-NH_2$ (أمينو)	$C_2H_5NH_2$ إيثيل أمين

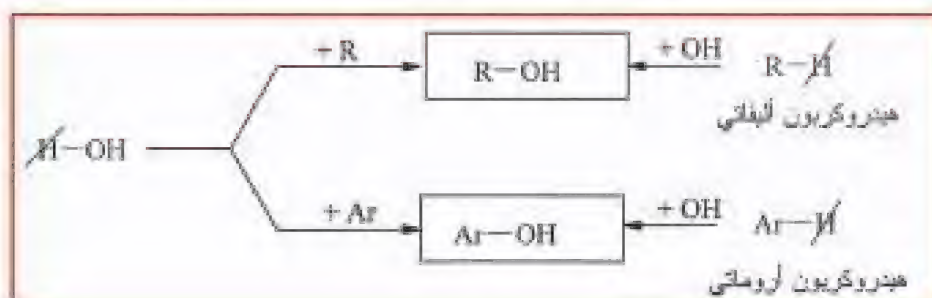


## الكحولات والفينولات

الكحولات والفينولات مركبات عضوية تحتوى جزيئاتها على مجموعة أو أكثر من مجموعات الهيدروكسيل - فإذا اتصلت مجموعة الهيدروكسيل بمجموعة ألكيل (R) سمى المركب كحولاً ، أما إذا اتصلت بمجموعة أريل (Ar) سمى المركب فينولاً .

Ar—OH فينول	R—OH كحول
 حمض كربويك (فينول)	CH <sub>3</sub> OH كحول ميثيلي

ويمكن اعتبار الكحولات والفينولات إما مشتقات من الماء باستبدال ذرة هيدروجين بمجموعة ألكيل أو أريل - أو مشتقات هيدروكسيلية للهيدروكربونات الأليفاتية أو الأروماتية وذلك باستبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بمجموعة هيدروكسيل أو أكثر .



## ١) الكحولات Alcohols

التسمية :

هناك طريقتان لتسمية الكحولات وهى :

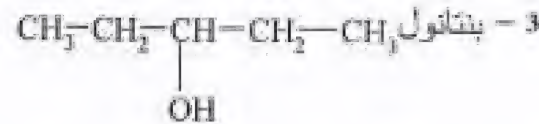
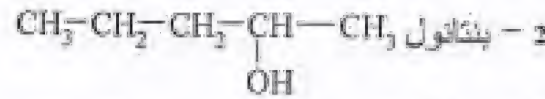
١- التسمية تبعاً لمجموعة الألكيل ( التسمية الشائعة ) :

وتسمى فيها الكحولات تبعاً لمجموعة الألكيل تسبقها كلمة كحول مثل كحول ميثيلي

CH<sub>3</sub>OH وكحول ايثيلي . C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-OH

ب - التسمية تبعاً لنظام الأيوباك :

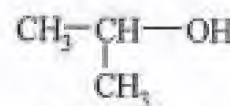
يشتق اسم الكحول من الألكان المقابل ( المحتوى على نفس العدد من ذرات الكربون )  
ثم تضاف النهاية ( ول ) مثل  $\text{CH}_3\text{OH}$  ميثانول ،  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  إيثانول . ويجب عند التسمية  
ترقيم السلسلة الكربونية من الطرف القريب لمجموعة الهيدروكسيل .  
فمن البتتان يمكن اشتقاق عدة إيزوميرات كحولية مختلفة منها :



**ملحوظة :** هي التسميات الشائعة اصطلاح على أن يطلق اسم أيزو على شق الألكيل إذا  
كانت ذرة كربون مجموعة الهيدروكسيل متصلة بذرتي كربون .



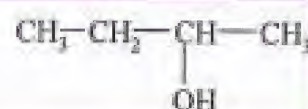
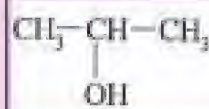
كحول بروبيلي عادي  
أو 1 - بروبانول



كحول إيزوبروبيلي  
أو 2 - بروبانول

لتدريب :

١ - اكتب الاسم الشائع والاسم بنظام الأيوباك للكحولات الآتية :



٢ - اكتب الصيغة البنائية للكحولات الآتية :

كحول أيزوبنتيلي ، 2, 2 - ثنائي ميثيل - 1 - بيوتانول



## تصنيف الكحولات

يمكن تصنيف الكحولات بحسب عدد مجموعات الهيدروكسيل في الجزيء إلى أربعة أنواع :

أحادية الهيدروكسيل	ثنائية الهيدروكسيل	ثلاثية الهيدروكسيل	عديدة الهيدروكسيل
$\text{CH}_3 - \text{OH}$ الميثانول	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ الإيثلين جليكول	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{OH})_3$ الجليسرول	$\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$ السكريول
$\text{CH}_2 - \text{CH}_2$   OH OH	$\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2$       OH OH OH	$\text{CH}_2 - (\text{CHOH})_4 - \text{CH}_2$           OH OH OH OH OH	

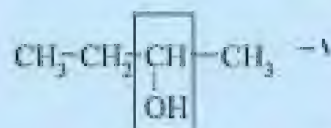
تصنيف الكحولات أحادية الهيدروكسيل إلى ثلاثة أنواع وذلك حسب نوع

الكاربينول (ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل) .

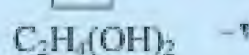
كحولات أولية	كحولات ثانوية	كحولات ثالثة
تكون فيها مجموعة الكاربينول طرفية أو ترتبط بذرة كربون واحدة وذرتي هيدروجين .	ترتبط فيها مجموعة الكاربينول بذرتي كربون وذرة هيدروجين واحدة .	ترتبط فيها مجموعة الكاربينول بثلاث ذرات كربون .
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$   H	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$   H	$\text{CH}_3 - \text{C}(\text{OH}) - \text{CH}_3$   CH <sub>3</sub>
إيثانول	كحول إيزوبروبيلي ثانوي 2-بروبانول	كحول بيوتيلي ثالثي 2-ميثيل - 2-بروبانول

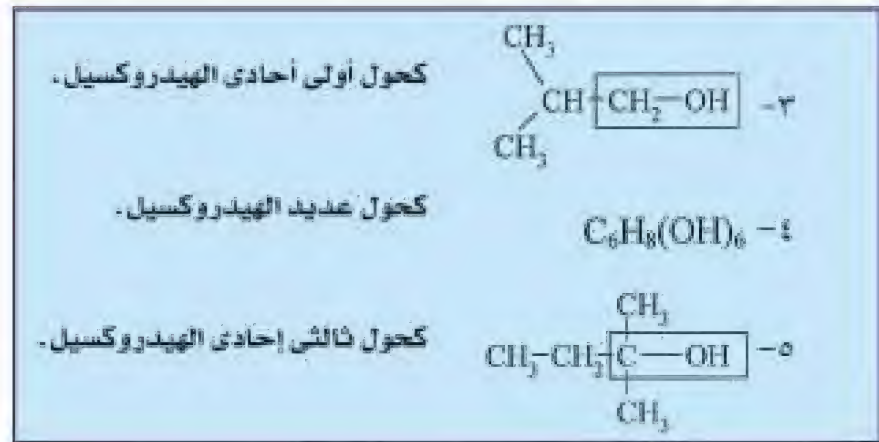
تدريب : إلى أي نوع من الكحولات تنتمي الكحولات الآتية :

كحول ثانوي أحادي الهيدروكسيل .



كحول ثنائي الهيدروكسيل .





### الكحولات الأولية أحادية الهيدروكسيل

مثال : الكحول الإيثيلي ( الإيثانول )

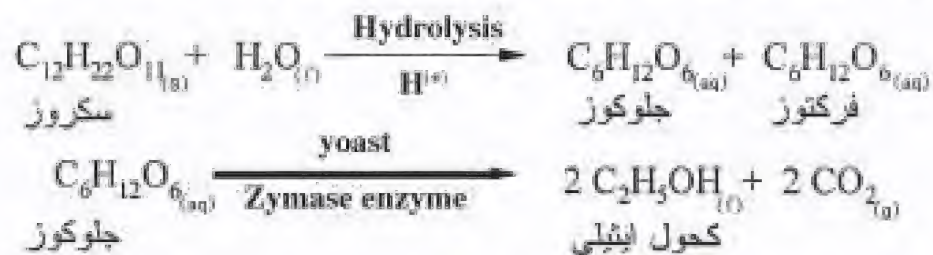


يعتبر الإيثانول أقدم المركبات العضوية التي حضرت صناعياً فقد حضره قدماء المصريين منذ أكثر من ثلاثة آلاف عام من تخمر المواد السكرية والنشوية .

### طرق تحضير الإيثانول في الصناعة :

#### ١ - بالتخمير الكحولي :

ينتج حوالي 20% من الإيثانول على مستوى العالم من عمليات التخمير الكحولي للمواد السكرية والنشوية خاصة في البلدان التي تكثر فيها زراعات قصب السكر والبنجر والذرة وفي مصر يحضر الإيثانول من المولاس - وهو المحلول السكري المتبقى بعدما يستخلص منه السكر ( وذلك في مصانع شركة السكر والتقطير المصرية - بالحوامدية ) وتجرى عملية التخمير Fermentation بإضافة الخميرة ( إنزيم الزيميز ) Zymase enzyme إلى المولاس ( سكروز ) فيكون الإيثانول وثاني أكسيد الكربون تبعاً للخطوات التالية :





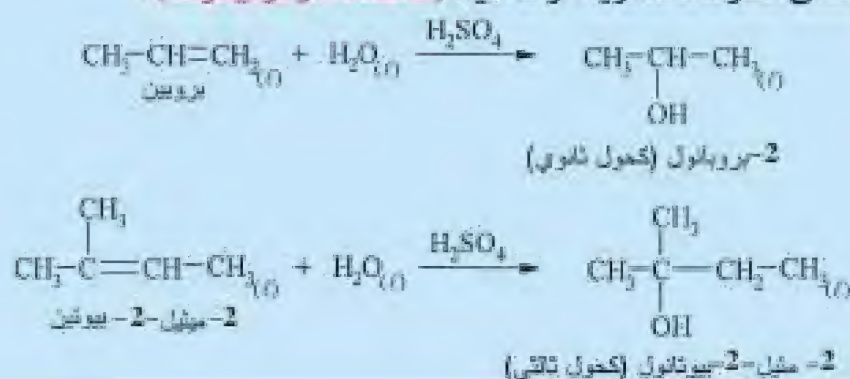
## ٢ - هيدرة الإيثين :

وهي الطريقة الشائعة لتحضير الإيثانول . وتجرى في معظم البلدان النفطية - فعند تكسير Cracking المواد البترولية الكبيرة السلسلة ينتج غاز الإيثين - وبإجراء الهيدرة الحفزية باستخدام حمض الكبريتيك أو الفوسفوريك يتكون الإيثانول .



لذا يعتبر الإيثانول من البتروكيماويات ( وهي الكيماويات التي تصنع من البترول )

**ملحوظة :** الإيثين هو الألكين الوحيد الذي يعطى كحول أولى بالهيدرة الحفزية - أما بقية الألكينات فتعطى كحولات ثانوية أو ثالثية (قاعدة ماركونيكوف) :



الكحول المحول (Converted alcohol) :

أو السبريتو الأحمر Red spirit

تفرض ضريبة إنتاج عالية على الإيثانول النقي الذي تركيزه 96% للحد من تناوله في المشروبات الكحولية لما لها من أضرار صحية واجتماعية جسيمة . ولكن نظراً للاستخدامات العديدة للإيثانول كوقود وفي كثير من الصناعات الكيماوية وكمذيب عضوي يمكن استخدامه بثمن اقتصادي بعد أن تضاف إليه بعض المواد السامة مثل الميثانول ( يسبب الجنون والعمى ) والبيريدين ( رائحته كريهة ) وبعض الصبغات لتلوينه . وهذه الإضافات لا يمكن فصلها عن الإيثانول إلا بعمليات كيميائية معقدة . بجانب أن القانون يعاقب عليها .

الطريقة العامة لتحضير الكحولات :

بتسخين هاليدات الألكيل ، التي يتكون شقها الألكيلي من الشق الألكيلي للكحول المطلوب مع المحاليل المائية للقويات القوية ، فتحل مجموعة الهيدروكسيل محل شق الهاليد ويتكون الكحول المقابل .



حيث R - شق الألكيل ، X - شق الهاليد

أمثلة :



بروميدي إيثيل

إيثانول (كحول لول)



2- بروموبروبان

2- بروبانول (كحول ثلثي)



2- ميثيل بروبان - 2 - كلورو - 2 - ميثيل بروبان

2 - بروبانول (كحول ثالثي)

**ملحوظة :** ترتب الهالوجينات حسب سهولة انتزاعها من هاليد الألكيل كما يلي :

يود > بروم > كلور

أي أن يوديدات الألكيل أسهلها في التحلل .

تدريب :

ما هو هاليد الألكيل المناسب لتحضير الكحولات الآتية (اكتب معادلة التفاعل) :

(1) الميثانول - (2) 2-بيوتانول - (3) 2-ميثيل - 2-بنتانول -

(4) 2-بيوتانول -



الخواص العامة للكحولات :

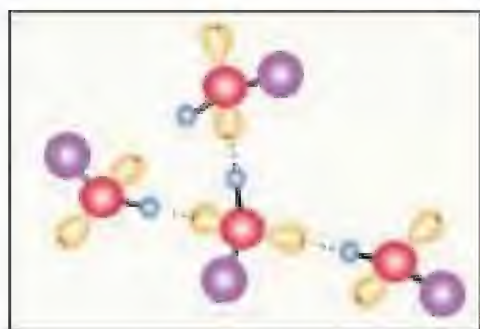
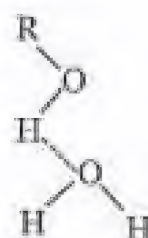
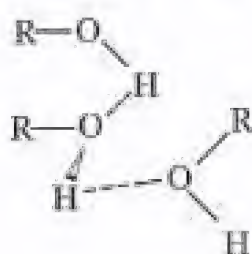
الخواص الفيزيائية :

الكحول	درجة الغليان
$C_2H_5(OH)$ إيثانول	$78^\circ C$
$C_2H_4(OH)_2$ إيثلين جليكول	$197^\circ C$
$C_3H_5(OH)_3$ الجليسرول	$290^\circ C$

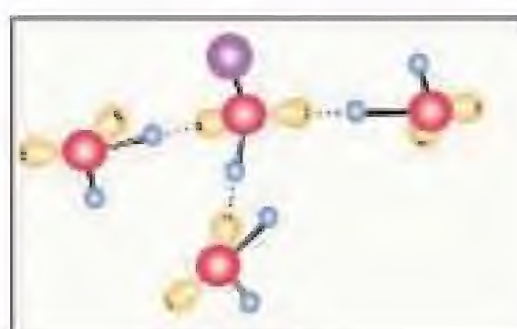
الكحولات مواد متعادلة عديمة اللون - المركبات الأولى منها سوائل خفيفة تمتزج بالماء امتزاجاً تاماً - أما المركبات المتوسطة فسوائل زيتية القوام - والمركبات العالية مواد صلبة ذات قوام شمعي -

وتختلف الكحولات (خاصة المركبات الأولى منها) عن

الألكانات في أن الكحولات تذوب في الماء - وبارتفاع درجات غليانها ، ويعزى ذلك لوجود مجموعة الهيدروكسيل القطبية التي لها القدرة على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئات الكحول وبعضها كما في شكل (٥ - ١٠) مما يسبب ارتفاع درجات غليانها ، أو تكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء مما يتسبب في ذوبانها في الماء كما في شكل (٥ - ٩) ، بزيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل في جزئ الكحول يزداد ذوبانه في الماء وترتفع درجة غليانه .



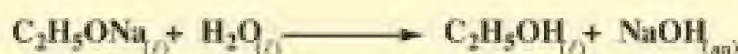
شكل (٥ - ١٠)



شكل (٥ - ٩)

الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الكحول و بعضها .  
الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الكحول وجزيئات الماء

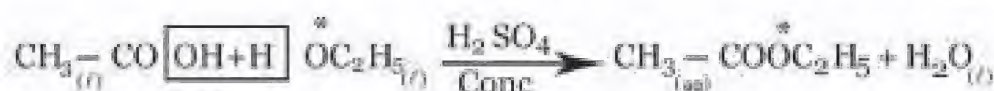
ترسب مادة بيضاء صلبة هي ايثوكسيد الصوديوم الذى يمكن تحليله مائيا إلى الايثانول وهيدروكسيد الصوديوم.



### ب) تكوين الأستر :

تتفاعل الكحولات مع الأحماض العضوية لتكوين الأسترات وفى هذا التفاعل تنفصل من جزيء الكحول ذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل ومن جزيء الحمض تنفصل مجموعة هيدروكسيل .

وأمكن إثبات ذلك عندما عولج الكحول الإيثيلي المحتوى على نظير الأكسجين الثقيل  $(O^{18})$  بحمض الإيثانويك الذى يحتوى على الأكسجين العادى  $(O^{16})$  فوجد أن أكسجين الماء الناتج أكسجين عادى .



حمض إيثانويك إيثانول

وتفاعل تكوين الأستر تفاعل منعكس لذا يضاف حمض الكبريتيك المركز لمنع التفاعل العكسى وبذلك يستمر تكوين الأستر (وسندرس الاسترات بشئ من التفصيل لاحقا) .

### ٢- تفاعلات خاصة بمجموعة الهيدروكسيل :

نظرا لاحتواء الكحولات على مجموعة الهيدروكسيل فإنها تتفاعل مع الأحماض الهالوجينية (HX).

فيتفاعل الايثانول مع حمض الهيدروكلوريك المركز الذى يضاف إليه كلوريد الزرنيخ كعامل حفز مكونا كلوريد الإيثيل .



**تدريب :** كيف تحول كلوريد الإيثيل إلى الإيثانول والعكس ؟



## ٢- تفاعلات خاصة بمجموعة الكاربينول

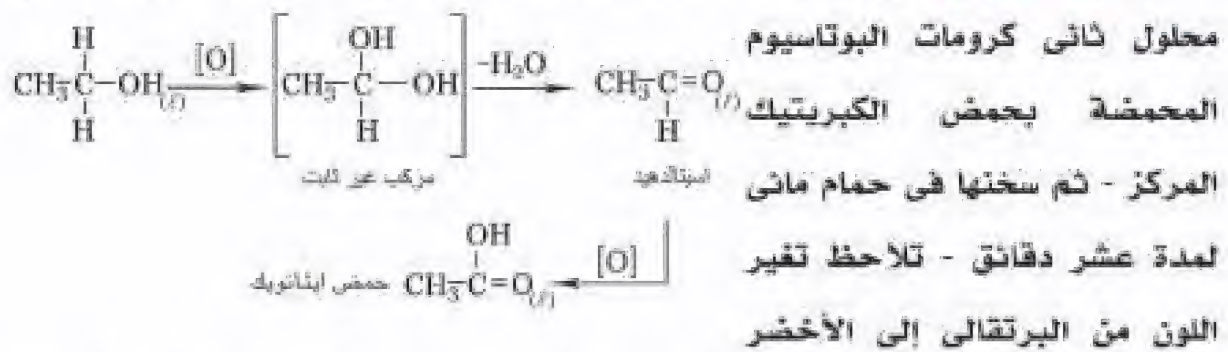
تتأكسد الكحولات بالعوامل المؤكسدة مثل ثاني كرومات البوتاسيوم أو برمنجنات البوتاسيوم المحمضتين بحمض الكبريتيك المركز وتختلف نواتج الأكسدة تبعاً لنوع الكحول.

ويتركز فعل العامل المؤكسد على ذرات الهيدروجين المتصلة بمجموعة الكاربينول ويحولها إلى مجموعات هيدروكسيل - ولكن عندما تتصل مجموعتي هيدروكسيل بذرة كربون واحدة يكون المركب الناتج غير ثابت وسرعان ما يفقد جزئ ماء ويتحول إلى مركب ثابت .

### أ - أكسدة الكحولات الأولية :

تتأكسد الكحولات الأولية على خطوتين لأن مجموعة الكاربينول تكون متصلة بذرتي هيدروجين فعندما تتأكسد ذرة الهيدروجين الأولى يتكون الألكهيد وعندما تتأكسد ذرة الهيدروجين الثانية أيضاً يتكون الحمض - فالإيثانول يتأكسد أولاً إلى الأسيتالدهيد ثم إلى حمض الإيثانويك .

**تدريب عملي :** ضع في أنبوبة اختبار 3 ml من الإيثانول ثم أضف إليها كمية مماثلة من



وظهور رائحة الخل (حمض الإيثانويك). أما إذا استخدمت برمنجنات البوتاسيوم المحمض كمادة مؤكسدة تلاحظ زوال لونها البنفسجي .

يستخدم هذا التفاعل للكشف عن تعاطي السائقين للكحولات - حيث يسمح لهم بنفخ بالون من خلال أنبوبة بها مادة السليكا جل مشبعة بثاني كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض

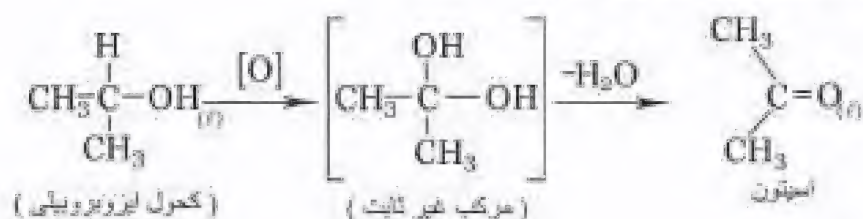


الكشف عن تعاطي السائقين للكحوليات شكل (٥ - ١١)

الكبريتيك ثم تترك البالونة ليخرج منها زفير السائق فإذا كان السائق مخموراً تغير لون ثاني كرومات البوتاسيوم داخل الأنبوبة من اللون البرتقالي إلى اللون الأخضر.

### ب- أكسدة الكحولات الثانوية :

حيث أن مجموعة الكربينول في الكحولات الثانوية تتصل بذرة هيدروجين واحدة فتتم الأكسدة في خطوة واحدة وذلك بنفس الطريقة السابقة ويتكون الكيتون فمثلاً يتأكسد الكحول الأيزوبروبيلي إلى الأسيتون (البروبانون) .



### ج- أكسدة الكحولات الثالثية :

حيث أن مجموعة الكربينول لا تتصل بذرات هيدروجين لذا فهي لا تتأكسد تحت هذه الظروف.

### ٤- تفاعلات خاصة بجزئ الكحول كله :

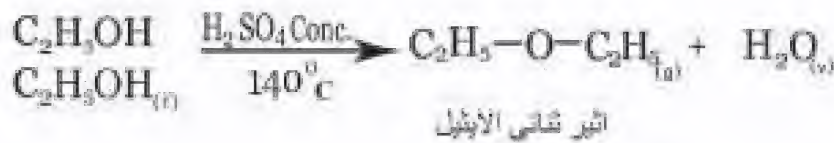
تتفاعل الكحولات مع حمض الكبريتيك المركز ويتوقف ناتج التفاعل على عدد جزيئات الكحول ودرجة الحرارة فعندما تكون الحرارة  $180^\circ\text{C}$  ينتزع جزيء ماء من كل جزيء واحد من الكحول.





**ملحوظة :**

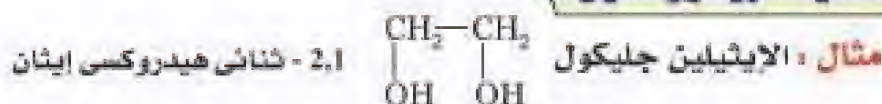
إذا كانت الحرارة  $140^{\circ}\text{C}$  فإن حمض الكبريتيك المركز ينتزع جزيء ماء من كل جزيئين من الكحول .



**الأهمية الاقتصادية للكحول الإيثيلي :**

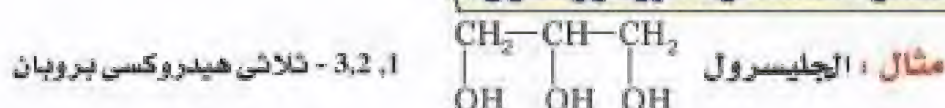
- ١- كمذيب للمركبات العضوية مثل الزيوت والدهون وفي الصناعات الكيميائية مثل صناعة الأدوية والطلاء والورنيش .
- ٢- يستخدم في محاليل تعقيم الفم والأسنان عن طريق المضمضة كمادة مطهرة وذلك لقدرته على قتل الميكروبات .
- ٣- يستخدم الإيثانول في صناعة الروائح العطرية والمشروبات الكحولية ويجب أن ننوه هنا إلى خطورة تناول المشروبات الكحولية لما لها من أضرار فتاكة على صحة الإنسان مثل تليف الكبد وسرطان المعدة والمرئ .
- ٤- يخلط مع الجازولين ويستخدم كوقود للسيارات في بعض البلدان مثل البرازيل .
- ٥- يدخل في تكوين الكحول المحول ( 85% إيثانول + 5% ميثانول + 1% إضافات + لون 9 % ورائحة وماء ) الذي يستخدم كوقود منزلي وفي بعض الصناعات الكيميائية .
- ٦- تملأ به الترمومترات التي تقيس درجات الحرارة المنخفضة حتى  $-50^{\circ}\text{C}$  وذلك لانخفاض درجة تجمده (  $-110.5^{\circ}\text{C}$  ) .

### الكحولات ثنائية الهيدروكسيل :

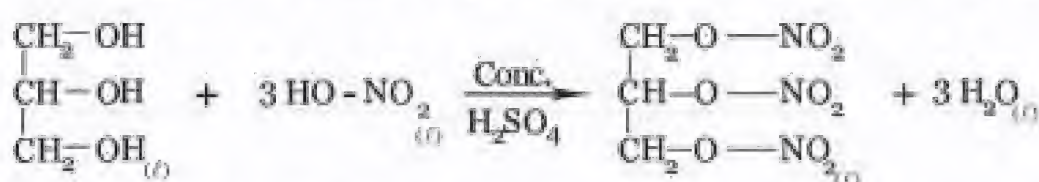


- 1- يستخدم في مبردات السيارات في المناطق الباردة كمادة مانعة للتجمد.
- 2- نظرا للزوجته الشديدة يستخدم في سوائل الفرامل الهيدروليكية وأحبار الأقلام الجافة وأحبار الطباعة .
- 2- يحضر منه بوليمر بولي إيثيلين جليكول (PEG) الذي يدخل في تحضير ألياف الذاكرة وأفلام التصوير وأشرطة التسجيل .

### الكحولات ثلاثية الهيدروكسيل :



- 1- يستخدم كمادة مرطبة للجلد في مستحضرات التجميل والكريمات .
- 2- يدخل في صناعة النسيج لأنه يكسب الأقمشة المرونة والنعومة .
- 2 - تجرى عليه عملية النيترة بواسطة خليط من حمض الكبريتيك والنتريك المركزين لتحضير مفرقات النيتروجليسرين (ثلاثي نترات الجلسرين) .



كما يستخدم النيتروجليسرين أيضاً لتوسيع الشرايين في علاج الأزمات القلبية .

### المركبات عديدة الهيدروكسيل :

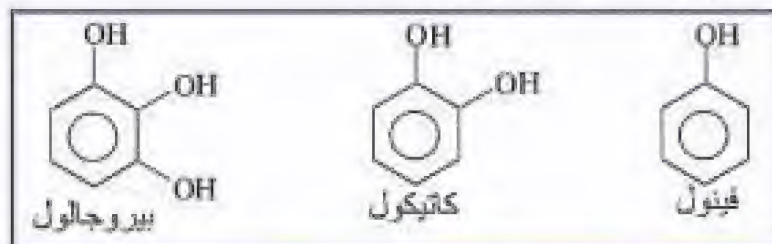
تعتبر الكربوهيدرات مواد دهيدية أو كيتونية عديدة الهيدروكسيل أي أنها تحتوي على أكثر من مجموعة هيدروكسيل بجانب مجموعة ألدهيد أو مجموعة كيتون مثال ذلك سكر الجلوكوز أو سكر الفركتوز  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .



$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{OH} \\   \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ (\text{CHOH})_3 \\   \\ \text{CH}_2 - \text{OH} \end{array}$ <p>الصيغة البنائية المكثفة للفركتوز</p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ (\text{CHOH})_4 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>الصيغة البنائية المكثفة للجلوكوز</p>
--	--

### الفينولات Phenols

الفينولات مركبات هيدروكسيلية أروماتية تتصل فيها مجموعة هيدروكسيل أو أكثر مباشرة بذرات كربون حلقة البنزين .



وستتناول بالدراسة الفينول كمثال لهذه المجموعة .

### الفينول ( حمض الكربونيك ) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

الفينول مركب عضوي له أهمية صناعية كبيرة لاستخدامه كمادة أولية في تحضير كثير من المنتجات مثل البوليمرات والأصبغ والمطهرات ومستحضرات السلسليك ( كالأسبرين ) وحمض البكريك .

### طرق الحصول على الفينول :

- 1 - من التقطير التجزيئي لقطران الفحم .
- 2 - من المركبات الهالوجينية الأروماتية بتحليلها مائياً وذلك بتسخينها مع هيدروكسيد الصوديوم في درجة حرارة مرتفعة  $300^\circ\text{C}$  وضغط عال  $300 \text{ atm}$  .




### الخواص الفيزيائية:

الفينول مادة صلبة كاوية للجلد لها رائحة مميزة - ينصهر عند  $43^{\circ}\text{C}$  شحيح الذوبان في الماء ويزداد ذوبانه في الماء برفع درجة الحرارة حتى يمتزج به تماماً عند  $65^{\circ}\text{C}$ .

### الخواص الكيميائية:


#### ١ - حامضية الفينول مقارنة بالكحول:

من المعروف أن الخاصية الحامضية ترجع إلى وجود أيون الهيدروجين الموجب ، ويتبين من الجدول التالي أن كلاً من الكحول والفينول يتفاعل مع الفلزات القوية مثل الصوديوم ويخرج الهيدروجين ، ويرجع ذلك إلى قطبية الرابطة (O-H) وتزداد هذه الخاصية في الفينولات والدليل على ذلك أنها تتفاعل مع القلويات مثل الصودا الكاوية لأن حلقة البنزين في الفينولات تزيد من طول الرابطة بين H-O وتضعفها فيسهل انفصال أيون الهيدروجين لذا يعتبر الفينول حمض ويسمى بحمض الكربوليك.

 الفينول	$\text{R-OH}$ الكحول	
 $\text{ONa} + \text{H}_2$	$\text{RONa} + \text{H}_2$	أ- مع الصوديوم
 $\text{ONa} + \text{H}_2\text{O}$	لا يتفاعل	ب- مع هيدروكسيد الصوديوم

#### ٢ - تفاعل الفينول مع الأحماض الهالوجينية مقارنة بالكحول:

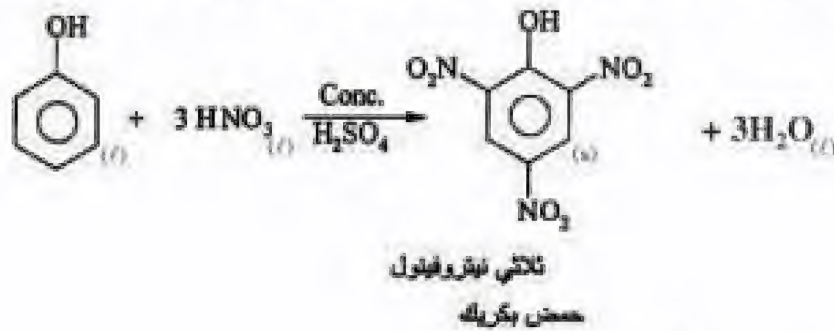
تؤثر حلقة البنزين على الرابطة بين ذرة كربون حلقة البنزين في الفينول وذرة أكسجين مجموعة الهيدروكسيل فتتقصر هذه الرابطة وتزداد قوة ، لذا لا يمكن نزع مجموعة الهيدروكسيل من الفينولات بتفاعلها مع الأحماض وذلك عكس الكحولات .

 الفينول	الكحول $\text{R-OH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{RCl} + \text{H}_2\text{O}$	مع HCl
لا يحدث تفاعل لقوة الرابطة بين الأكسجين وحلقة البنزين		



## ٢. نيترة الفينول :

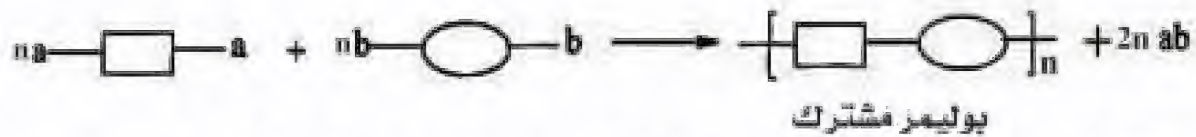
يتفاعل الفينول مع حمض النيتريك المركز في وجود حمض الكبريتيك المركز مكوناً ثلاثي نيترو الفينول ويسمى تجارياً بـ حمض البكريك وهو مادة متفجرة - كما يستخدم كمادة مطهرة لعلاج الحروق وهو يصبغ الجلد باللون الأصفر ولا تسهل إزالته ويبقى عدة أيام إلى أن تتجدد طبقة الجلد الخارجية (البشرة).



## ٣. مع الفورمالدهيد : $\text{H}-\overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}}=\text{O}$

يتفاعل الفورمالدهيد مع الفينول وذلك بخلطهما في وسط حمضي أو قاعدي ويكونان معاً بوليمر مشترك Copolymer ثم تجرى عملية بلورة بالتكاثف ليتكون بوليمر الباكليت .

**بوليمرات التكاثف :** هي بوليمرات مشتركة تنتج عادة من ارتباط نوعين من المونمر ويخرج جزيء صغير مثل جزيء الماء .



وتتم أول هذه الخطوات بتفاعل جزيء من الفورمالدهيد مع جزيئين من الفينول ويخرج جزيء ماء - ثم ترتبط جزيئات البوليمر المشترك بالتتابع إلى أن يتكون بوليمر شبكي

والباكليت هو من أنواع البلاستيك الشبكي الذي يتحمل الحرارة وتكمن أهميته في مقاومته للكهرباء فهو عازل جيد يستعمل في عمل الأدوات الكهربائية وطلايات السجائر ولونه بني فاتح .

### الكشف عن الفينول :

- ١ - عند إضافة قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) إلى محلول الفينول في الماء يتكون لون بنفسجي .
- ٢ - عند إضافة ماء البروم إلى محلول الفينول في الماء يتكون راسب أبيض.



### تقويم الكحولات والفينولات

١ - أكتب نبذة مختصرة عن كل مما يأتي :

- أ - حامضية الكحولات والفينولات  
ج - تفاعل تكوين الأستر  
هـ - ثلاثي نترات الجليسرويل  
ب - الكحول المحول  
د - استخدامات الإيثانول  
و - حمض البكريك

٢ - اختر من العمود ( ب ) ما يتناسب مع العمود ( أ ) :

(ب)	(أ)
١ - بيرو جالول	١ - كحول ثلاثي الهيدروكسيل
٢ - سوربيتول	٢ - كحول ثالثي
٣ - فينول -	٣ - كحول ثنائي الهيدروكسيل
٤ - حمض بكريك	٤ - كحول ثانوي
٥ - جليسرويل	٥ - 1، 2، 3 ثلاثي هيدروكسي بنزين
٦ - ايزوبروبيل	٦ - حمض الكربونيك
٧ - ايثيلين جليكول	٧ - ثلاثي نيترو فينول
٨ - 2 ميثيل - 2 پروبانول	

٣ - كيف تجري التجارب التالية موضحاً إجابتك بالمعادلات :

- أ - تكوين اسيتات الإيثيل  
ج - تحضير ايثوكسيد الصوديوم  
٤ - ما تأثير المواد التالية على الإيثانول :  
أ - فلز الصوديوم  
ج - حمض الكروميك الساخن  
٥ - ما تأثير المواد التالية على الفينول :  
أ - الصوديوم  
ج - حمض النيتريك المركز  
ب - أكسدة الإيثانول  
د - حمض الكبريتيك المركز  
ب - كلوريد الهيدروجين  
د - حمض الكبريتيك المركز  
ب - الصودا الكاوية  
د - الفورمالدهيد

٦ - كيف تجري التحولات التالية مبيّناً شروط التفاعل :

- أ - المنتجات البترولية كبيرة السلسلة إلى إيثانول -

- ب - الإيثانول إلى بروميد الإيثيل والعكس .  
 ج - الإيثيلين إلى إيثانول والعكس .  
 د - كحول إيزوبروبيل إلى أسيتون .  
 هـ - الكلوروبنتزين إلى فينول .  
 و - الفينول إلى بنزين والعكس .

٧ - أكتب الصيغ البنائية للمركبات التالية ثم سمها التسمية الصحيحة :

- ١ - 2 - إيثيل - 1 - بروبانول  
 ٢ - 2 - ميثيل - 3 - بيوتانول  
 ٣ - 3 - إيثيل - 2 - بيوتانول  
 ٤ - 1,1 - ثنائي ميثيل - 1 - بيوتانول

٨ - رتب الكحولات الآتية ترتيباً تصاعدياً حسب درجة غليانها - علل اجابتك ؟

الجليسرول - الإيثانول - الإيثيلين جليكول - السوربيتول

1- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	2- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	3- $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
4- $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CH}-\text{OH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	5- $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	6- $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

- ٩

اختر من الجدول السابق كل الإجابات الصحيحة لكل سؤال مما يأتي :

- ١ - الكحولات الثانوية .  
 ٢ - المركبات التي لا تتأكسد باستخدام العوامل المؤكسدة المعتادة .  
 ٣ - المركبات التي تتأكسد إلى كيتونات .  
 ٤ - المركبات التي تعطي إثارات عند تفاعلها مع حمض الكبريتيك عند  $140^\circ\text{C}$  .

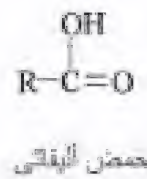
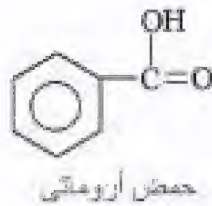


## الأحماض الكربوكسيلية

### Carboxylic Acids

الأحماض الكربوكسيلية هي أكثر المواد العضوية حامضية ، إلا أنها ليست أحماضاً قوية مثل الأحماض غير العضوية كالأحماض الهيدروكلوريك والكبريتيك والنيتريك وتكون الأحماض الكربوكسيلية مجموعة متجانسة من المركبات العضوية وتتميز بوجود مجموعة أو أكثر من مجموعات الكربوكسيل ( $\text{-COOH}$ )

وقد تتصل مجموعة الكربوكسيل بمجموعة الكيل لتكون الأحماض الأليفاتية . وإذا اتصلت مجموعة الكربوكسيل بحلقة بنزين مباشرة يتكون حمض أروماتي .



ويطلق على الأحماض الأليفاتية المشبعة أحادية الكربوكسيل - الأحماض الدهنية . نظراً لأن عدداً كبيراً من هذه الأحماض يوجد في الدهون على هيئة استرات مع الجليسرين . مجموعة الكربوكسيل المميزة للأحماض العضوية مجموعة مركبة من مجموعتي الكربونيل ( $\text{C=O}$ ) والهيدروكسيل ( $\text{-OH}$ )

### أنواع الأحماض الكربوكسيلية :



### التسمية الشائعة :

تسمى الأحماض الكربوكسيلية عادة بأسمائها الشائعة المشتقة من الاسم اللاتيني أو الإغريقي للمصدر الذي حضرت منه . فمثلاً اشتق اسم حمض الفورميك من اسم النمل الأحمر (Formica) لأن الحمض حضر أول مرة من تقطير النمل المطحون وحمض الأسيتيك أو الخليك من الخل (Acetum) وحمض البيوتيريك من الزبدة (Butyrum) وحمض البالميتك من زيت النخيل (Palm Oil)

### التسمية تبعاً للأيوباك :

بالرغم من أن التسمية الشائعة للأحماض هي الأكثر استخداماً عن بقية جميع المركبات العضوية الأخرى إلا أنه عند تسمية الحمض تبعاً للأيوباك يشتق اسم الحمض من الألكان المقابل الذي يحتوى على نفس عدد ذرات الكربون بإضافة المقطع ( ويك ) إلى نهاية اسم الألكان .



ويوضح الجدول التالي بعض الأحماض الكربوكسيلية وأسمائها الشائعة وأسمائها تبعاً لنظام الأيوباك :

الصفة	اسم الحمض تبعاً لمصدره	الألكان المقابل الذى فيه نفس عدد ذرات الكربون	اسم الحمض تبعاً للأيوباك
HCOOH	حمض الفورميك الثلج (Formica)	الميثان	حمض ميثانويك
CH <sub>3</sub> COOH	حمض الأسيتيك الخل (Acetum)	الايثان	حمض ايثانويك
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	حمض البيوتيريك الزبدة (Butter)	البيوتان	حمض بيوتانويك
C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH	حمض البالميتيك زيت النخيل (Palm Oil)	هكساديكان به 16 ذرة كربون	هكساد يكانويك

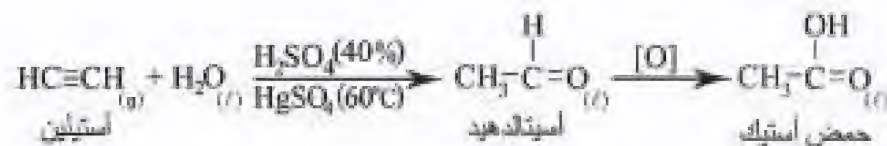
وسنأخذ حمض الاستيك كمثال للأحماض الأليفاتية أحادية الكربوكسيل ونتعرف على طرق تحضير حمض الأسيتيك فى الصناعة :

#### ١- الطريقة الحيوية :

يحضر حمض الأسيتيك ( الخل ) فى مصر بأكسدة المحاليل الكحولية المخففة بواسطة أكسجين الهواء فى وجود البكتريا التى تعرف ببكتريا الخل .

#### ٢- تحضيره من الاستيلين :

يحضر حمض الأسيتيك فى الصناعة على نطاق واسع بالهيدرة الحفزية للاستيلين فينتج الأسيتالدهيد الذى يتأكسد بدوره إلى الحمض بسهولة .



## الخواص العامة للأحماض الأليفاتية :

### الخواص الفيزيائية :

تتدرج الخواص الفيزيائية للأحماض العضوية بزيادة الكتلة الذرية . فالأحماض الأربعة الأولى منها سوائل كاوية لها رائحة نفاذة تامة الذوبان في الماء . أما الأعضاء التالية فسوائل زيتية القوام كريهة الرائحة شحيحة الذوبان في الماء ثم بزيادة الكتل الجزيئية نجد أحماضاً صلبة عديمة الرائحة وغير قابلة للذوبان في الماء . وعند مقارنة درجات غليان الأحماض الكربوكسيلية بدرجات غليان الكحولات التي تتساوى معها في عدد ذرات الكربون أو الكتلة الجزيئية نجد أن درجة غليان الأحماض العضوية أعلى، ويعزى هذا إلى أن الرابطة الهيدروجينية في الأحماض تعمل على تجميع الجزيئات في تجمعات ، فيرتبط جزئ الحمض مع جزئ حمض آخر برابطتين هيدروجينيتين .



الحمض	الكتلة الجزيئية	درجة الغليان	الكحول	الكتلة الجزيئية	درجة الغليان
الفورميك	46	100°C	الإيثانول	46	78°C
الأسيتيك	60	118°C	البروبانول	60	98°C

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - خواص تعزى إلى أيون الهيدروجين :

##### الخاصية الحامضية :

تظهر الخاصية الحامضية في الأحماض الكربوكسيلية في تفاعلها مع الفلزات (التي تسبق الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية) والأكاسيد والهيدروكسيدات وأملاح الكربونات والبيكربونات لتكوين الأملاح العضوية .





## ٢ - خواص تعزى إلى مجموعة الهيدروكسيل :

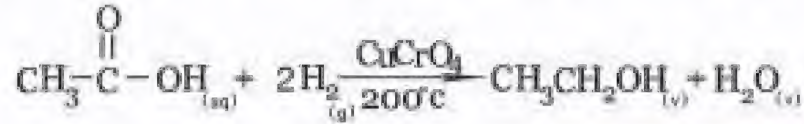
### تكوين الاسترات :

تتفاعل الأحماض العضوية مع الكحولات لتكوين الأستر والماء .



## ٣ - خواص تعزى إلى مجموعة الكربوكسيل :

تختزل الأحماض الكربوكسيلية بواسطة الهيدروجين في وجود عامل حفز مثل كرومات النحاس عند درجة 200°C ، ويمكن تحضير الإيثانول من حمض الأستيك بهذه الطريقة . ويعتبر هذا التفاعل عكس تفاعل أكسدة الكحولات إلى أحماض .



### الكشف عن حمض الأستيك :

#### ١ - كشف الجامضية :

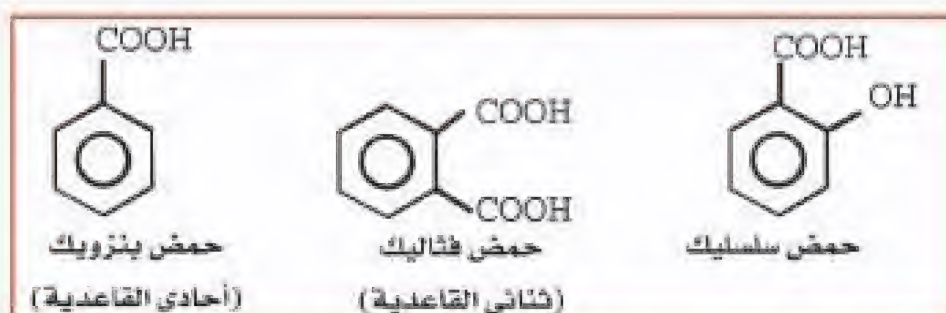
عند إضافة الحمض إلى ملح كربونات أو بيكربونات صوديوم يحدث فوران ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير .

#### ٢ - كشف تكوين الأستر (الأسترة) :

تتفاعل الأحماض مع الكحولات لتكوين الاسترات المميّزة برائححتها الذكية ( روائح لأنواع مختلفة من الزهور أو الفواكه تبعا لنوع الكحول والحمض).

### الأحماض الكربوكسيلية الأروماتية

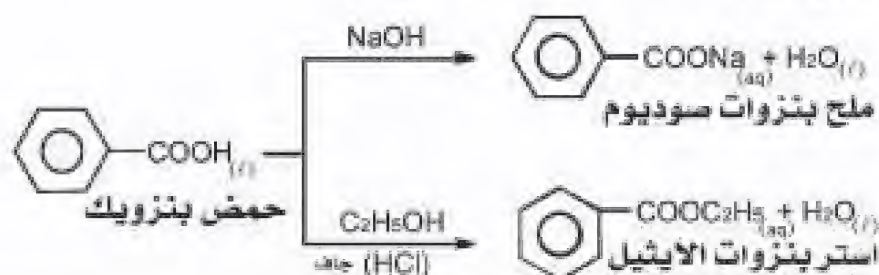
الأحماض الأروماتية هي مركبات تحتوى على مجموعة كربوكسيل أو أكثر متصلة مباشرة بحلقة بنزين ويمثل حامض البنزويك الأحماض الأروماتية أحادية الكربوكسيل (أحادية القاعدية) ومن أمثلة الأحماض الثنائية الكربوكسيل (ثنائية القاعدية) حامض الفثاليك .



ويمكن تحضير حامض البنزويك بأكسدة الطولوين باستخدام المواد المؤكسدة المناسبة ، فمثلاً يحضر تجارياً بأكسدة الطولوين بالهواء الجوى عند درجة الحرارة 400°C وفى وجود خامس أكسيد الفاناديوم .



والأحماض الأروماتية عامة أقوى قليلاً من الأحماض الأليفاتية وأقل ذوباناً فى الماء وأقل تطايراً، وتفاعلات مجموعة الكربوكسيل تشبه تلك الموجودة فى الأحماض الأليفاتية ويتمثل ذلك فى تكوين أملاح مع الفلزات أو هيدروكسيدات أو كربوناتها وتكوين استرات مع الكحولات .





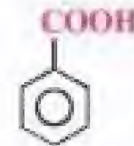
## الأحماض العضوية في حياتنا

### ١ - حمض الفورميك $H-COOH$

هو الحمض الذي يفرزه التمل الأحمر دفاعاً عن نفسه ويستخدم في صناعة الصبغات والمبيدات الحشرية والعطور وفي العقاقير والبلاستيك .

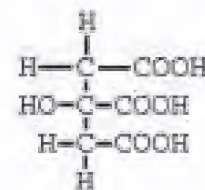
### ٢ - حمض الاستيك $CH_3COOH$

حمض الاستيك النقي 100% نفاذ الرائحة يتجمد عند  $16^{\circ}C$  على هيئة بلورات شفافة تشبه الثلج لذا يسمى حمض الخليك الثلجي ويستخدم حمض الخليك المخفف 4% على هيئة الخل في المنازل ويعتبر مادة أولية هامة في تحضير الكثير من المركبات العضوية مثل الحرير الصناعي والصبغات والمبيدات الحشرية - الإضافات الغذائية .



### ٣ - حمض البنزويك :

وهو شحيح الذوبان في الماء لذا يحول إلى ملحه الصوديومي والبوتاسيومي ليكون قابلاً للذوبان في الماء ويسهل امتصاصه بالجسم . وتستخدم بنزوات الصوديوم 0.1% في معظم الأغذية المحفوظة كمادة حافظة لأنها تمنع نمو الفطريات على هذه الأغذية .



### ٤ - حمض الستريك :

يوجد في الموالح مثل الليمون 5.7% والبرتقال 1% وهو يمنع نمو البكتريا على الأغذية لأنه يقلل من الرقم الهيدروجيني (pH) وله استخدامات صناعية كثيرة ويضاف إلى الفاكهة المجمدة ليحافظ على لونها وطعمها .



### ٥ - حمض اللاكتيك :

يوجد في اللبن نتيجة لفعل الإنزيمات التي تفرزها بعض أنواع البكتريا على سكر

## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

اللبن (اللاكتوز) . كما يتولد في الجسم نتيجة للمجهود الشاق ويسبب تقلصاً في العضلات .

### ٦ - حمض الاسكوربيك فيتامين ج (C)

وهو من الفيتامينات التي يحتاجها الجسم بكميات قليلة ويوجد في الحمضيات (الموالح) والفواكهة والخضراوات مثل الفلفل الأخضر .

وهو يتحلل بالحرارة وفعل الهواء ويؤدي نقصه إلى تدهور بعض الوظائف الحيوية في الجسم وإلى الإصابة بمرض الاسقراوط ، والذي من أعراضه نزيف اللثة وتورم المفاصل.

### ٧ - حمض السلسليك

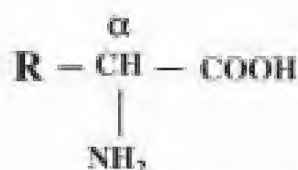
تصنع منه كثير من مستحضرات التجميل الخاصة بالجلد لإعطائه النعومة أو للحماية من أشعة الشمس وفي القضاء على الثآليل الجلدية وحب الشباب، كما يستخدم أيضاً في صناعة الأسبرين.

### ٨ - الأحماض الأمينية : Amino acids

تعرف الأحماض الأمينية بأنها مشتقات أمينية للأحماض العضوية ، وأبسط أنواع الأحماض الأمينية هو حمض الجلايسين ويسمى أيضاً بـحمض الأمينو أستيك  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  ويتكون نتيجة لإحلال مجموعة أمينو ( $\text{NH}_2$ ) محل ذرة هيدروجين من مجموعة الألكيل الموجودة في جزئ حمض الأستيك .



والأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة متعددة ولكن يوجد منها عشرون حمضاً فقط في البروتينات الطبيعية . وتتميز الأحماض الأمينية الموجودة في البروتينات بأنها جميعاً من نوع الألفا أمينو أي أن مجموعة الأمينو تكون متصلة بذرة الكربون ألفا ( $\alpha$ ) وهي التي تلي مجموعة الكربوكسيل مباشرة .

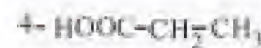
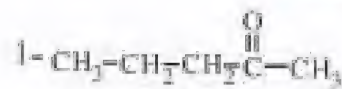


وتعتبر البروتينات بوليمرات للأحماض الأمينية -



### تقويم الأحماض العضوية

١- أي من المركبات الآتية يعتبر حمضا كربوكساليا ؟



٢- أكتب الصيغ البنائية للمواد التي لها الصيغة الكيميائية الآتية :

١ - حمض أروماتي ثنائي الكربوكسيل .  $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$

٢ - حمض أروماتي به مجموعتي كربوكسيل وهيدروكسيل  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$

٣ - حمض أليفاتي ثنائي الكربوكسيل  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$

٤ - أثير اليفاتي  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

٥ - ثلاثة كحولات لهم الصيغة الجزيئية  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

٣ - أكتب الصيغ الكيميائية للأحماض التالية :

١ - حمض الفورميك .

٢ - حمض الاستيك .

٣ - حمض البنزويك .

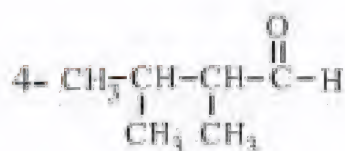
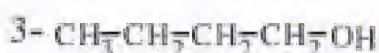
٤ - حمض السلسليك .

٥ - 2,2 - ثنائي ميثيل حمض البيوتانويك

٦ - 3,2 - ثنائي كلورو حمض الهكساديكانويك .

٧ - 4,2 - ثنائي كلورو حمض البنزويك .

٤ - اكتب الصيغة البنائية للحمض الناتج من أكسدة ما يأتي :



٥ - اكتب أسماء المركبات الآتية ثم وضع كيف تحضر كل منها بطريقة التعادل :



٦ -

حمض فورميك	حمض إيثانويك	حمض اكساليك
حمض ساسليك	حمض بيوتريك	حمض بنزويك

من الجدول السابق أذكر ما يأتي :

- ١ - حمض أحادي الكربوكسيل .
- ٢ - حمض ثنائي الكربوكسيل .
- ٣ - حمض عدد ذرات الكربون فيه تساوي عدد مجموعات الكربوكسيل .
- ٤ - حمض يحتوي على مجموعتين وظيفيتين .



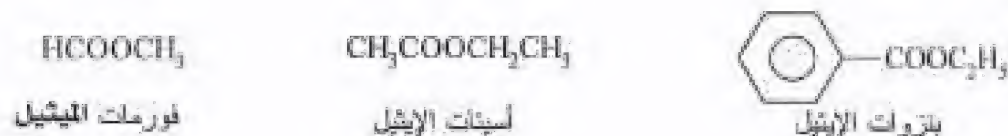
الاستراتيجيات

الاسترات هي نواتج اتحاد الأحماض الكربوكسيلية مع الكحولات ، ويمثل ذلك بالمعادلة العامة .



وتنتشر الإسترات بكثرة في الطبيعة فهي توجد في كل من المواد النباتية والحيوانية وكثير من الإسترات يتميز برائحة ذكية وهي التي تعد الفواكه والأزهار والزيوت العطرية برائحتها والنكهة الخاصة بها . وقد حضرت إسترات عضوية عديدة لإنتاج العطور والنكهات تجاريا وتستخدم إما بمفردها أو ممزوجة بمركبات طبيعية ، وتقل رائحة الإسترات تدريجيا بارتفاع الكتل الجزيئية للكحولات والأحماض المستخدمة في تكوينها كما تتغير طبيعة الأستر من سائل ذي رائحة ذكية إلى جسم صلب شمعي عديم الرائحة تقريبا ٠٠٠ والشموع التي يمثلها شمع التحل ما هي إلا إسترات ذات كتل جزيئية مرتفعة، والزيوت والدهون هي إسترات مشتقة من الجليسرين وهو كحول ثلاثي الهيدروكسيل مع أحماض دهنية عالية .

ويسمى الأستر باسم الشق الحامض وأسم الألكيل من الكحول ويتضح ذلك من الأمثلة الآتية :



والطريقة المباشرة لتحضير الإستر هي بتفاعل الحامض الكربوكسيلي مع الكحول  
فمثلاً يتكون أسيتات الايثيل بتفاعل حامض الأسيتك مع كحول الايثيلي :



ولكن نظراً لأن هذا التفاعل انعكاسي حيث يتحلل الأستر مائياً إلى الحامض والكحول فإنه

## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

يفضل استخدام مادة نازعة للماء مثل حامض الكبريتيك المركز أو غاز كلوريد الهيدروجين الجاف للتخلص من الماء الناتج .

### الخواص الفيزيائية :

الاسترات معظمها سوائل - تقل درجة غليانها كثيراً عن درجات غليان الأحماض أو الكحولات المتساوية معها في الكتلة الجزيئية وذلك لعدم احتوائها على مجموعة الهيدروكسيل القطبية الموجودة في كل من الكحولات والأحماض التي تتسبب في ربط جزيئاتها معاً بالروابط الهيدروجينية .

الاستر	الكحول	الحامض		الكتلة الجزيئية
HCOOCH <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	CH <sub>3</sub> COOH		60
31.8°C	97.8°C	118°C	درجة الغليان	
CH <sub>3</sub> COOH <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH		74
اسيتات ميثيل	بيوتانول	بروبيونيك		
57°C	118°C	141°C	درجة الغليان	

### الخواص الكيميائية :

١ - التحلل المائي : ينتج من التحلل المائي للاسترات كحول وحامض أو بعارة أخرى فإن هذا التفاعل عكس عملية الأسترة السابقة .



أ - ويمكن إتمام هذا التحلل المائي باستخدام حامض معدني مخفف كعامل مساعد ويسمى ( التحلل المائي الحمضي ) .

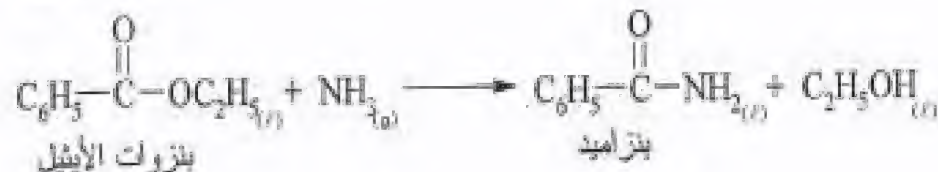




ب - وكذلك يمكن إجراء التحلل المائي بالتسخين مع قلوي مائي حيث يتكون الكحول وملح الحمض ويسمى (التحلل المائي القاعدي) أو التصبن (حيث أن الصابون هو أملاح الصوديوم لأحماض كربوكسيلية عالية) .



٢- **التحلل بالأمونيا** : تتفاعل الأسترات مع الأمونيا لتكون أميد الحامض والكحول (التحلل التشاذي)؛



المؤلفون: د. محمد عبد الحليم عبد الله

### ١ - الاسترات كمكسيات طعم ورائحة :

تتميز الاسترات بروائح ذكية جعلت منها مواد مهمة في كثير من الصناعات الغذائية كمكسبات طعم ورائحة وبيان الجدول التالي بعض هذه الاسترات الشائعة الاستخدام :

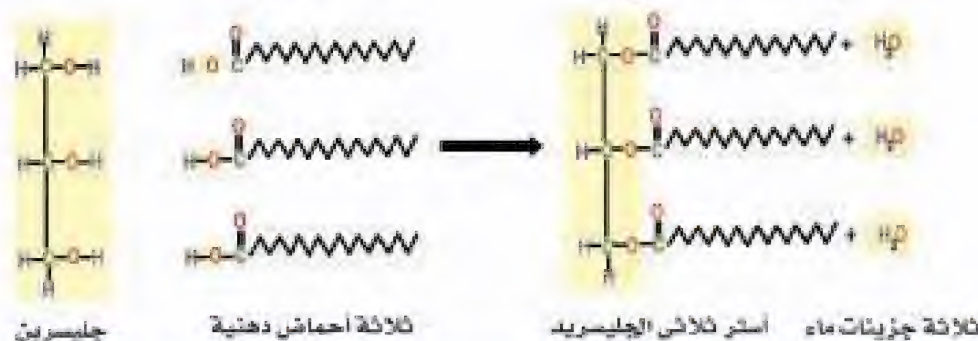
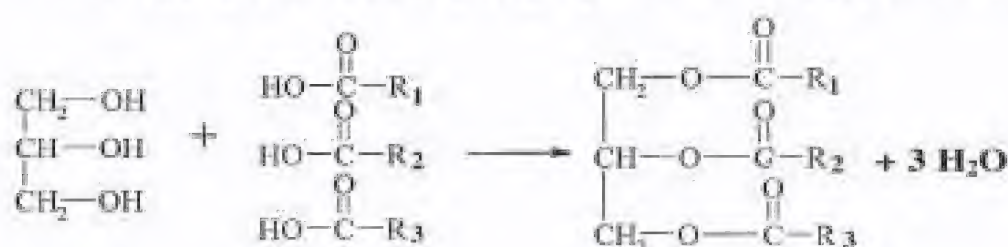
## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

الرائحة	الصيغة الكيميائية	الاستر
الكريز	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3 \end{array}$	فورمات الايزوبيوتيل
الكمثري	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$	اسيتات البروبيل
الشمش	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	فورمات البنزيل
الأناناس	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$	بيوتانات الميثيل
التفاح	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$	فورمات البروبيل
الموز	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$	اسيتات البنزيل

(للاطلاع فقط)

### ٢ - الاسترات كدهون وزيوت :

الزيوت والدهون عبارة عن استرات ناتجة من تفاعل الجليسرول مع الأحماض العضوية لذا تسمى جزيئاتها بثلاثي الجلسريد triglyceride لأن كل جزيء منها يتكون من تفاعل جزيء واحد من الجليسرين ( كحول ثلاثي الهيدروكسيل ) مع ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية التي قد تكون من نوع واحد ولكن غالباً ما تكون مختلفة وقد تكون السلسلة الكربونية لهذه الأحماض طويلة أو قصيرة مشبعة أو غير مشبعة .

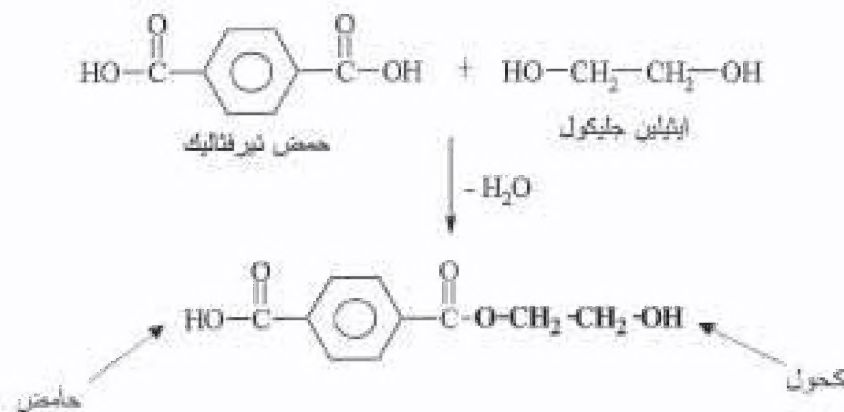




**ملحوظة:** التحلل المائي للدهن أو الزيت (استر ثلاثي الجليسريد) في وجود مادة قلوية قوية مثل  $\text{NaOH}$  أو  $\text{KOH}$  تسمى بعملية التصبن وهي الأساس الصناعي لتحضير كل من الجليسرين والصابون .

### ٣ - الاسترات كبوليمرات (البولي استر) :

البولى استرات هى بوليمرات تنتج من عملية تكاثف مشتركة لمونومرين أحدهما لجزئى ثنائى الحامضية والآخر كحول ثنائى الهيدروكسيل .  
وأشهر أنواع البولى استرات المعروفة هو نسيج الداكرون الذى يصنع بأسترة حمض التيرفثاليك والاثيلين جليكول .



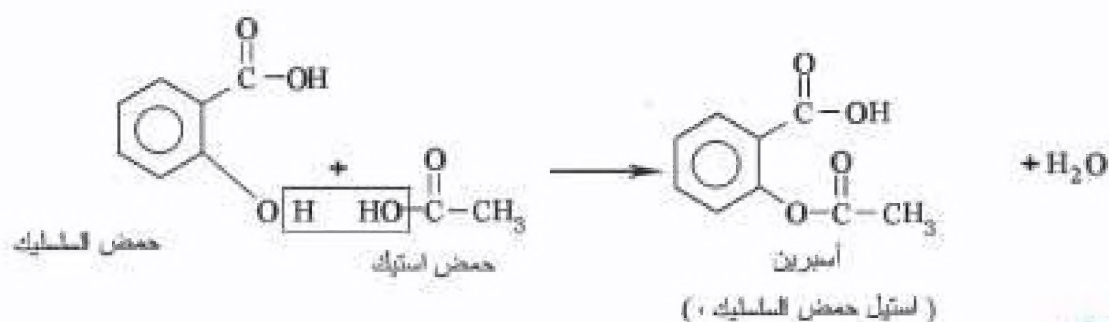
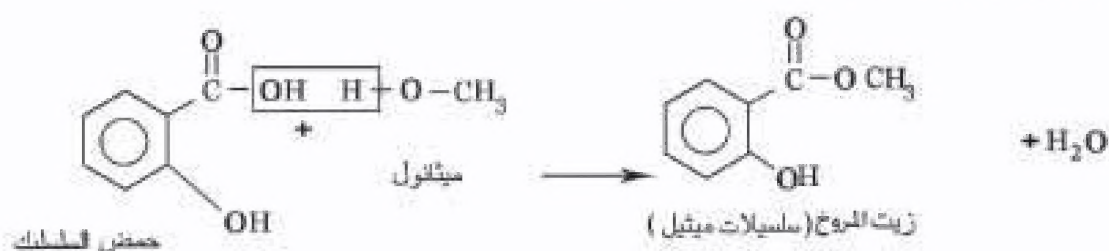
وتستمر عملية التكاثر كيميائياً بأن يهاجم الكحول طرف الجزيء من ناحية الحمض أو يهاجم الحمض طرف الجزيء من ناحية الكحول ويتكرر عملية التكاثر يتكون جزيء طويل جداً يسمى البولي استر ونظراً لخمول الداكرون تصنع منه أنابيب لاستبدال الشرايين التالفة ، كما تصنع منه صمامات القلب الصناعية .

### ١- الاسترات كعقاقير طبية :

تستخدم الاسترات العضوية في عمل كثير من العقاقير وأشهرها وأبسطها هو الأسبرين وزيت المروخ (الذى يستخدم كدهان موضعى حيث يمتص عن طريق الجلد لتخفيف الآلام الروماتيزمية).

## الباب الخامس: الكيمياء العضوية

والحمض العضوي المستخدم في تحضير هذين العقارين هو حمض السلسليك الذي يحتوي على مجموعتي الكربوكسيل والهيدروكسيل ويمكنه أن يتفاعل كحمض أو كحول (فينول) ويتبين ذلك من التفاعلات التالية :



الأسبرين

يعتبر الأسبرين من أهم العقاقير التي تخفف آلام الصداع وتخفض الحرارة - كما يقلل تجلط الدم فيمنع حدوث الأزمات القلبية والمادة الفعالة في الأسبرين هي حمض السلسليك إلا أن إضافة مجموعة الاستيل إليه ( $\text{CH}_3\text{CO}-$ ) تجعله عديم الطعم تقريباً وتقلل من حموضته .

ويتحلل الأسبرين في الجسم لينتج حمض السلسليك وحمض الاستيك .



وهي أحماضاً تسبب تهيجاً لجدار المعدة وقد تسبب قرحة للمعدة - لذا ينصح الأطباء بتفتيت حبة الأسبرين قبل بلعها أو أخذها مذابة في الماء . وهناك أنواع من الأسبرين تكون مختلطة بمادة قلوية مثل هيدروكسيد الألومنيوم لتعادل الحموضة الناتجة .



تقويم الأسترات

(١)

الاسبرين	$(\text{COO})_2\text{Ca}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_3$
$\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5$	فيتامين ج	الداكرون

من الجدول السابق حدد ما يلي:

- ١ - الأسترات .
- ٢ - أحماض كربوكسيلية .
- ٣ - الأستر الناتج من تفاعل حمض البنزويك مع الميثانول .
- ٤ - المركبين الأيزوميرين .

٢ - لماذا يقل ذوبان أستر معين في الماء عن الحمض المقابل الذي به نفس عدد ذرات الكربون.

٣ - أكتب الأسماء الشائعة وبنظام الأيوباك للأسترات الآتية :

- 1-  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OCH}_3$
- 2-  $\text{H}-\text{C}(=\text{O})\text{OCH}_3$
- 3-  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OCH}_3$
- 4-  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(=\text{O})\text{OCH}_2\text{CH}_3$
- 5-  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OC}_6\text{H}_5$

- ٤

اسيتات ميثيل	اسيتات صوديوم	حمض ايثانويك
فورمات ميثيل	اسيتات بوتاسيوم	فورمات ايثيل

من الجدول السابق وضع ما يلي :

- ١ - الاسترات .
- ٢ - أملاح الأحماض الكربوكسيلية .
- ٣ - المركبات المسماة بنظام الأيوباك .
- ٤ - المركبات التي توجد بها مشابهة جزيئية .

- ٥

$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{OCH}_3$	$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{O}^-\text{Na}^+$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{CH}_3$	$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{OC}_2\text{H}_5$

من الجدول السابق حدد ما يلي :

- ١ - المركبات التي تنتج عند تميؤها حمض الايثانويك
- ٢ - المركبات التي يستخدم حمض الايثانويك في تحضيرها .
- ٣ - المركبات التي تتفاعل مع محلول الصودا الكاوية .
- ٤ - المركبات التي تعطي فوران مع بيكربونات الصوديوم .

٦ - ما الأسماء الكيميائية لكل مما يأتي :

- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| ١ - الأسبرين . | ٢ - الزيوت والدهون . |
| ٣ - التفلون .  | ٤ - فيتامين C        |
| ٥ - TNT        | ٦ - PVC              |